



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

Índice de Qualidade de Praia: O exemplo de Capão da Canoa

Raul Corrêa Rechden Filho

ORIENTADOR: Prof. Dr. Elírio E. Toldo Jr.

BANCA EXAMINADORA: Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber
Prof^a. Dra. Teresinha Guerra
Prof. Dr. Marcus Poletti

**Dissertação de Mestrado apresentada como
requisito para obtenção do Título de Mestre
em Geociências.**

Porto Alegre, Março de 2005.



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

Índice de Qualidade de Praia: O exemplo de Capão da Canoa

Raul Corrêa Rechden Filho

ORIENTADOR: Prof. Dr. Elírio E. Toldo Jr.

BANCA EXAMINADORA: Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber
Prof^a. Dra. Teresinha Guerra
Prof. Dr. Marcus Poletti

**Dissertação de Mestrado apresentada como
requisito para obtenção do Título de Mestre
em Geociências.**

Porto Alegre, Março de 2005.



Fonte (G-land-97)

Os mortos do homem branco se esquecem da sua pátria quando
vão caminhar entre as estrelas.

Nossos mortos nunca se esquecem desta bela Terra,
pois ela é a mãe do homem vermelho.

Somos parte da Terra e ela é parte de nós.

As flores perfumadas são nossas irmãs, os cervos, o cavalo,
a grande águia, estes são nossos irmãos.

Os picos rochosos, as seivas nas campinas, o calor do corpo do
pônei, e o homem, todos pertencem à mesma família.

Tudo o que acontece à Terra – acontece aos filhos da Terra.

O homem não teceu a teia da vida – ele é meramente um fio
dela.

O que quer que ele faça à teia, ele faz a si mesmo.

Chefe de Seattle

I. AGRADECIMENTOS

A minha família,

Ao meu amor (HB),

Aos meus amigos,

Aos meus colegas do CECO,

Ao meu orientador – Elírio Toldo,

A prefeitura de Capão da Canoa,

Ao Eng. Paulo César,

A Gertrudes Corsão,

A minha amiga Ema,

Ao prof. Rualdo Menegat,

Ao amigo Fernando Pulgati,

E a todas pessoas que de alguma forma ajudaram-me a passar mais uma fase da vida.

II. SUMÁRIO

1. Introdução	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Terminologias adotadas.....	5
1.3 Características gerais da área de estudo.....	6
1.3.1 Localização e descrição física do Município de Capão da Canoa.....	6
1.3.2 Breve histórico do município de Capão da Canoa.....	7
1.3.2.1 A questão do saneamento básico.....	10
2. Geologia, Geomorfologia e Estratigrafia de Seqüências	12
2.1 Geologia e Geomorfologia da Província Costeira do RS.....	12
2.2 Os conceitos da estratigrafia de seqüências.....	16
2.3 As variações orbitais.....	23
3. Metodologia	25
3.1 O que é um indicador.....	25
3.2 O porque dos 5 indicadores.....	25
3.3 Sistema binário.....	26
3.4 Pesquisa de opinião-técnica DELPHI.....	27
3.5 Representação gráfica.....	31
4. Indicador I - Limites de Segurança de Praia	33
4.1 Introdução.....	33
4.1.1 Praias: riscos e segurança.....	33
4.2 Conceitos básicos.....	34
4.2.1 Definição de zona costeira.....	34
4.2.2 Definição de praia.....	36
4.2.3 Estado morfodinâmico da zona de surfe e praia.....	38
4.2.4 Regime de marés.....	41
4.3 Descrição do litoral norte.....	42
4.3.1 Dinâmica costeira.....	42
4.3.2 Tipos de sedimentos.....	43
4.3.3 Tipos de ondas.....	44
4.3.4 Regime dos ventos.....	46
4.3.5 Correntes na zona de surfe.....	47
4.3.6 Parâmetros morfodinâmicos.....	52
4.3.7 Perigos da praia.....	55

4.3.8 Taxa de risco de praia.....	56
4.3.9 Projeto segurança de praia.....	58
4.4 Resultados e discussões.....	59
4.5 Diagnóstico de Capão da Canoa.....	59
4.5.1 Projeto segurança de praia em Capão da Canoa.....	59
4.6 Nota atribuída ao indicador.....	60
5. Indicador II - Plano de Manejo de Dunas.....	61
5.1 Introdução.....	61
5.2 Conceitos básicos.....	61
5.2.1 Classificação das dunas.....	61
5.2.2 Legislação, fiscalização e normatização.....	64
5.3 Descrição do litoral norte.....	65
5.3.1 O plano de manejo.....	65
5.3.1.1 Metodologia.....	67
5.3.2 Diagnóstico de Capão da Canoa.....	74
5.3.2.1 Plano de manejo de dunas em Capão da Canoa.....	74
5.3.2.2 Resultados e discussões.....	74
5.4 Nota atribuída ao indicador.....	75
6. Indicador III - Balneabilidade da Água.....	76
6.1 Introdução.....	76
6.2 Conceitos básicos.....	77
6.2.1 Balneabilidade da água.....	77
6.2.2 Legislação, Resolução do CONAMA nº 274/00.....	78
6.3 Metodologia.....	82
6.4 Resultados.....	85
6.5 Discussão dos resultados.....	94
6.6 Nota atribuída ao indicador.....	98
7. Indicador IV - Qualidade Sanitária da Areia.....	99
7.1 Introdução.....	99
7.2 Metodologia.....	100
7.3 Resultados.....	102
7.4 Discussão dos resultados.....	107
7.5 Nota atribuída ao indicador.....	108

8. Indicador V - Depósito dos Resíduos Sólidos	109
8.1 Introdução	109
8.2 Conceitos básicos.....	110
8.2.1 Critérios adotados para a classificação dos resíduos sólidos.....	110
8.2.2 Aspectos epidemiológicos e ambientais relacionados ao lixo.....	112
8.2.3 Geração de resíduos.....	114
8.2.4 Caracterização dos resíduos sólidos.....	115
8.2.4.1 Quantificação.....	115
8.2.4.2 Características físicas e químicas.....	115
8.2.4.3 Aspectos microbiológicos.....	116
8.2.5 Método de Disposição Final.....	116
8.2.5.1 Aterro sanitário.....	116
8.2.5.2 O ecossistema do aterro sanitário.....	117
8.2.5.3 Aspectos gerais.....	118
8.2.7 Microbiologia e bioquímica.....	120
8.2.7.1 Fases da degradação da matéria orgânica.....	120
8.2.7.2 Microorganismos participantes da matéria orgânica.....	122
8.2.7.3 Características físicas.....	122
8.2.7.4 Tratamento da matéria orgânica.....	122
8.2.8 Gerenciamento e operação dos aterros sanitários.....	123
8.2.9 Legislação e licenciamento ambiental.....	124
8.3 Diagnóstico de Capão da Canoa.....	125
8.3.1 Aterro sanitário de Capão da Canoa.....	125
8.3.2 Metodologia.....	127
8.4 Resultados e discussões.....	128
8.5 Nota atribuída ao indicador.....	128
9. Modelo Final do Índice de Qualidade de Praia (IQP)	130
9.1 Aplicação do Índice de Qualidade de Praia ao Município de Capão da Canoa.....	130
9.2 Ações mitigadoras.....	133
9.2.1 Balneabilidade da água.....	133
9.2.2 Limites de segurança de praia.....	133
9.2.3 Plano de manejo de dunas.....	133

9.2.4 Qualidade sanitária da areia.....	134
9.2.5 Área de depósitos de resíduos sólidos.....	134
10. Conclusões.....	135
11. Referências Bibliográficas.....	137

III. LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	Localização da área em estudo.....	04
Fig. 2	Limites do município de Capão da Canoa.....	06
Fig. 3	A travessia da Barra do João Pedro.....	08
Fig. 4	Localização das unidades geomorfológicas do Rio Grande do Sul.....	14
Fig. 5	Mapa geológico da área de estudo.....	14
Fig. 6	Variação do nível do mar durante o quaternário.....	15
Fig. 7	Esquema evolutivo da região norte da província costeira do Rio Grande Sul.....	15
Fig. 8	Representação esquemática do conceito de seqüência deposicional em bacia com área-fonte a esquerda (extraído de Ribeiro, 2001)	17
Fig. 9	Comparação entre seqüências deposicionais de Vail <i>et al.</i> (1977) e seqüências genéticas de Galloway (1989)	18
Fig. 10	Curvas de variação do nível do mar durante o Fanerozóico, onde podem ser observados os ciclos de 1ª e 2ª ordens (modif. Vail <i>et al.</i> , 1977)	19
Fig. 11	Ciclicidade nos <i>fácies-cycle wedges</i> . A cunha maior corresponde a um ciclo de 2ª ordem, dentro do qual existem 2 ciclos de 3º ordem e vários de 4ª ordem (modif. White, 1980)	19
Fig. 12	Representação gráfica do Indicador - Plano de manejo de dunas.....	31
Fig. 13	Representação gráfica do Indicador - Segurança de praia	31
Fig. 14	Representação gráfica do Indicador - Balneabilidade da água	31
Fig. 15	Representação gráfica do Indicador - Qualidade sanitária da areia	31
Fig. 16	Representação gráfica do Indicador - Depósito de resíduos sólidos	31
Fig. 17	Desenho esquemático do sistema praial.....	36
Fig. 18	Praia do tipo dissipativa.....	37
Fig. 19	Praia do tipo reflectiva.....	37
Fig. 20	Praia do tipo intermediária.....	38
Fig. 21	Esquema dos processos atuantes na dinâmica costeira.....	42
Fig. 22	Mapa com a distribuição granulométrica dos sedimentos da linha de praia.....	43
Fig. 23	Tipos de rebentações.....	45
Fig. 24	Direção preferencial do vento.....	47
Fig. 25	Representação dos tipos de correntes de retorno e correntes longitudinais situadas na zona de surfe.....	50
Fig. 26	Vista aérea da corrente de retorno.....	50

Fig.27	Gráfico de correlação entre as velocidades das correntes litorâneas e as velocidades obtidas através da equação de Longuet-Higgins.....	52
Fig.28	Mobilidade dos nove perfis praiais, entre 18/05/89 e 21/04/90.....	53
Fig.29	Trenó visto em detalhe (A) e efetuando perfis na zona de surfe no litoral norte (B)	53
Fig.30	Perfil praiial indicando a localização, a profundidade e a distância do Canal a partir da linha d'água.....	54
Fig.31	Perfil praiial feito com o uso do trenó.....	54
Fig.32	Taxa de periculosidade associada ao estágio morfodinâmico da praia...	57
Fig.33	Orientação preferencial da costa do Rio Grande do Sul.....	66
Fig.34	Estabilização das dunas construídas através de máquinas.....	69
Fig.35	Instalação de esteiras paralelas ao mar.....	71
Fig.36	Esteiras de palha no sentido transversal ao vento predominante.....	71
Fig.37	Desenho esquemático do Plano de Manejo de Dunas.....	72
Fig.38	Localização da área abrangida pelo Plano de Manejo de Dunas no município de Capão da Canoa.....	74
Fig.39	Esteiras de palha no sentido transversal ao vento predominante (NE)...	75
Fig.40	Mapa dos pontos amostrados para a análise da balneabilidade da água no mar e nos sangradouros.....	77
Fig.41	Fluxograma com os protocolos usados para enumeração e pesquisa do Grupo Coliforme.....	84
Fig.42	Variação da colimetria nos sangradouros ao longo dos pontos Amostrados.....	92
Fig.43	Variação da colimetria nos sangradouros ao longo dos dias Amostrados.....	92
Fig.44	Variação da colimetria no mar ao longo dos dias amostrados.....	93
Fig.45	Variação da colimetria no mar ao longo dos pontos amostrados.....	93
Fig.46	Relação de taxas de contaminação gastrointestinal.....	95
Fig.47	Distribuição da taxa de mortalidade do grupo Coliformes.....	96
Fig.48	Modelo da taxa de mortalidade em água doce e salgada.....	97
Fig.49	Localização dos pontos amostrados para análise da qualidade sanitária da areia.....	100
Fig.50	Variação da concentração de coliformes fecais na areia ao longo dos dias amostrados.....	106
Fig.51	Variação da concentração de coliformes fecais na areia ao longo dos meses amostrados.....	106
Fig.52	Representação esquemática de um ecossistema do aterro sanitário.....	118

Fig.53	Escavação de trincheira de pequeno porte com utilização de retroscavadeira.....	119
Fig.54	Célula de aterro sanitário tronco-piramidada executada em área.....	120
Fig.55	Fases metabólicas e grupos microbianos envolvidos no processo de transformação anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos.....	121
Fig.56	Localização e esquema do aterro sanitário.....	125

IV. LISTA DE TABELAS

Tab. 1	Dados gerais.....	09
Tab. 2	Sub indicadores relevantes do Indicador (I) Segurança de Praia.....	28
Tab. 3	Sub indicadores relevantes do Indicador (II) Plano de Manejo de Dunas...29	
Tab. 4	As 2 categorias do Indicador (III) Balneabilidade da Água.....29	
Tab. 5	As 2 categorias do Indicador (IV) Qualidade Sanitária da Areia.....29	
Tab. 6	Sub indicadores relevantes do Indicador (V) Área de Depósitos de Resíduos(FEPAM,2004)	30
Tab. 7	Variáveis no controle da rebentação.....	40
Tab. 8	Velocidade de fluxo d'água.....	49
Tab. 9	Parâmetros morfodinâmicos do perfil praiial P53.....	55
Tab.10	Resultado da análise dos sub indicadores do Limite de Segurança de Praia.	60
Tab.11	Classificação das principais feições eólicas da Planície do Rio Grande do Sul (Tomazelli, 1994).....	61
Tab.12	Resultado da análise dos sub-indicadores do Plano de Manejo de Dunas.	75
Tab.13	Limites de Coliforme por 100 ml para cada categoria.....	79
Tab.14	Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 1ª coleta.....	85
Tab.15	Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 2ª coleta.....	86
Tab.16	Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 3ª coleta.....	87
Tab.17	Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 4ª coleta.....	88
Tab.18	Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 5ª coleta.....	89
Tab.19	Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 6ª coleta.....	90
Tab.20	Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 7ª coleta.....	91
Tab.21	Resultado da análise (média ponderada) da balneabilidade da água do mar e sangradouros.....	98
Tab.22	Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 1ª coleta.....	102
Tab.23	Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 2ª coleta.....	103
Tab.24	Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 3ª coleta.....	103
Tab.25	Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 4ª coleta.....	104
Tab.26	Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 5ª coleta.....	104
Tab.27	Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 6ª coleta.....	105
Tab.28	Resultado da análise da qualidade sanitária da areia.....	108
Tab.29	Distribuição dos resíduos sólidos urbanos de acordo com sua composição física no município de Capão da Canoa.....	126

Tab.30	Volume total de resíduos sólidos que chegam no aterro sanitário do município de Capão da Canoa	126
Tab.31	Aspectos básicos que um aterro deve apresentar (FEPAM,2004)	127
Tab.32	Resultado da análise dos sub indicadores da área de depósito de resíduos sólidos	129
Tab.33	Resultado da pesquisa de opinião com turistas	130
Tab.34	Resultado da pesquisa de opinião com residentes	131
Tab.35	Resultado da pesquisa de opinião com técnicos	131
Tab.36	Resultado em ordem decrescente de importância dos indicadores	132
Tab.37	Aplicação do Índice de Qualidade de Praia ao município de Capão da Canoa	132

V. RESUMO

A população dos municípios do litoral norte do Rio Grande do Sul vem crescendo nas últimas duas décadas (IBGE, 2004). Em consequência, disso, começaram a surgir diversos problemas ambientais nessa região. Com o objetivo de avaliar o impacto ambiental produzido por esse crescimento foi criado, de forma inédita, um método para aferir o Índice de Qualidade de Praia (IQP), constituído por cinco indicadores, são eles: limites de segurança de praia, plano de manejo de dunas, balneabilidade da água, qualidade sanitária da areia e adequação da disposição final dos resíduos sólidos. Esse método foi testado na zona de balneário do município de Capão da Canoa, no período de dezembro de 2001 a março de 2002. Para tanto, foram atribuídos pesos para cada indicador por parte dos atores – técnicos, turistas e residentes – por meio do método de pesquisa de opinião-técnica Delphi. O somatório do produto do peso pela nota de cada indicador (0 ou 1), resultou numa classificação da praia do tipo C. Nessa categoria a balneabilidade é imprópria para banho. Não existe programa de limites de segurança de praia. Já a qualidade da areia é satisfatória, há área adequada para o depósito dos resíduos sólidos e há plano de manejo de dunas em funcionamento. De acordo com esse resultado, pode-se sugerir uma agenda de ações mitigadoras, ordenadas por prioridades, tendo em vista a gestão ambiental. Essa agenda e a avaliação confirmada com base no IQP pode, a longo prazo, contribuir para melhorar a qualidade de vida dos frequentadores das praias, diminuir a degradação do ambiente costeiro e medir as melhorias implementadas.

VI. ABSTRACT

The population of the northern Coastal cities of the Rio Grande do Sul state, has been growing in the last two decades. In consequence, there have been a lot of environmental problems in this region. In order to evaluate the environmental impact produced by this growth, an unpublished method based on a Beach Quality Index (BQI) was created, constituted by five indicators: Beach Security, Dune Management, Water Quality, Sand Quality and Landfill area deposit. This method was tested in the *Balneários* zone situated in Capão da Canoa town. The work was done from December (2001) to March (2002). It was stipulated the weight for each indicator by residents, tourists and researchers using the method of opinion survey - técnica DELPHI. The total sum of the weight multiplied by the grade of each indicator (0 or 1), resulted in a beach classification - C. According to the result, it could be suggested an agenda of actions ordained by priorities in environmental management. This agenda and evaluation, confirmed by BQI, in a long term, can contribute for a better life quality for the users of the beaches diminish the coastal environmental degradation and measure the well done.

1. INTRODUÇÃO

Num mundo de rápido crescimento populacional e com o declínio da qualidade dos recursos naturais básicos, cada país deve planejar seu crescimento econômico em sintonia com a recuperação e conservação dos mesmos, sob pena de comprometer o futuro do planeta (Clark, 1996).

Nas áreas costeiras, das quais se ocupa este trabalho, o crescimento urbano, a expansão do turismo e a industrialização ameaçam os recursos naturais e a diversidade biológica. O desenvolvimento não controlado desestabiliza os sistemas costeiros e impõe demandas não sustentáveis por recursos naturais.

A expectativa é de que a situação piore. Acredita-se que a população costeira dobrará em poucas décadas exacerbando o abuso dos recursos naturais. Da forma como vêm sendo feitas, a urbanização e a expansão do turismo acarretarão pressões insustentáveis nos suprimentos d'água e mudanças irreversíveis em ambientes costeiros, ameaçando o futuro dos ecossistemas marinhos e costeiros.

Ecossistemas costeiros e habitats costeiros-chaves, tais como recifes de corais e florestas tropicais, são extremamente produtivos em alimentos protéicos, produtos florestais e outros bens e serviços, além de propiciarem um ambiente ideal para o turismo. O uso sustentável é a única alternativa para evitar a degradação irreversível desses ambientes, provocada pela ânsia do lucro a curto prazo.

No caso específico da água, os órgãos governamentais têm falhado no desenvolvimento de programas e políticas especiais. A problemática da água induz inter-relações institucionais muito complexas que não têm sido adequadamente equacionadas. Os interesses que cercam a questão da água são múltiplos, ora complementares, ora competitivos. Faz-se necessário um programa de gerenciamento integrado na zona costeira (GIZC) para coordenar toda a gama de interesses no uso de recursos costeiros. Em muitos países, as águas costeiras já são consideradas de uso do bem comum, ou seja, elas não são de qualquer pessoa ou órgão, mas são próprias da comunidade. Reza um antigo instituto do imperador romano Justiniano: *“et quidem naturali jure communia sunt omnium haec: aer, aqua profluens, et mare per hoc litora maris.”* – (Pela lei da natureza estas coisas são de propriedade comum da humanidade: o ar, as águas correntes, o mar e conseqüentemente as praias oceânicas). A mesma doutrina prossegue: “ninguém por isso está proibido de aproximar-se do mar, desde que respeite as habitações,

os monumentos e as edificações as quais não são, como o mar, sujeitas somente às leis das nações (Clark, 1996).

Para obter sucesso com a complexidade do gerenciamento costeiro, muitos países estão trabalhando em estratégias especiais de GIZC para o desenvolvimento e a conservação dos recursos úteis às nações como um todo. O GIZC está comprometido com a evolução sustentável dos múltiplos usos dos recursos costeiros e da biodiversidade.

A produtividade costeira, o aumento do turismo, a sustentação das florestas tropicais e a segurança contra a devastação ambiental estão entre os benefícios práticos do planejamento e gerenciamento costeiros. A principal proposta do gerenciamento costeiro é coordenar as iniciativas de vários setores econômicos a longo prazo visando a conservação dos recursos naturais, com resultados sócio-econômicos benéficos à população.

Felizmente já se nota hoje uma mudança no pensamento político em relação à exploração não sustentável que, a despeito de lucrativa, é custosa tendo em vista a depleção dos recursos, a necessidade de reabilitação e os custos de gerenciamento. Um programa que sensibilize a população pode ser a principal força de qualquer país para manter a biodiversidade, resolver os conflitos sobre o uso dos recursos costeiros e garantir a longo prazo a sustentação econômica desses recursos.

Do ponto de vista científico, a zona costeira é um sistema extremamente complexo e diversificado, exigindo grande interação de conhecimentos no âmbito do planejamento costeiro (Clark, 1996).

De acordo com Vieira *et al* (1988), o litoral do Rio Grande do Sul vem sendo ocupado por colonizadores europeus há mais de 300 anos. Os primeiros a chegarem foram os padres jesuítas portugueses que adentraram o litoral pelo município de Torres, indo até a barra do rio Tramandaí. A ocupação veio crescendo lentamente até a segunda década do século XX. A partir daí, o crescimento, acompanhado pelo turismo, acelerou-se de forma desordenada, resultando na alarmante degradação do meio ambiente hoje observada. A situação a que chegou o litoral está a exigir a implantação de programas para reverter os danos já causados e criar uma política de desenvolvimento sustentável para a região.

Dentro deste enfoque, este trabalho propõe um Índice de Qualidade de Praia revelador de suas condições ambientais, capaz de nortear as ações a serem tomadas pelas prefeituras na preservação e melhoria da qualidade ambiental. Aplicada

generalizadamente, essa classificação, enquanto indicadora da qualidade ambiental, servirá também como argumento de promoção e valorização turística dos municípios costeiros e balneários.

1.1 Objetivos

O objetivo imediato deste trabalho é criar um Índice de Qualidade de Praia, contemplando aspectos técnico-ambientais e sócio-econômicos explicitados em um conjunto de indicadores relevantes. O método foi testado na zona de balneário do município de Capão da Canoa (Fig.1).

Incluído na legislação definidora de um futuro plano de gerenciamento costeiro do estado do Rio Grande do Sul (Fepam, 2000), o Índice pode ajudar as autoridades responsáveis a hierarquizar a aplicação de recursos em atividades ligadas à conservação e recuperação ambientais, como as seguintes:

- A- Discutir e propor os limites do sistema praial na área em estudo;
- B- Desenvolver um programa de monitoramento e educação sobre os limites de segurança de praia oceânica com o objetivo de diminuir o número de afogamentos;
- C- Implantar o Plano de Manejo de Dunas ao longo dos municípios litorâneos do Rio Grande do Sul, para proteção da fauna e flora existentes nesse ecossistema, bem como para diminuir o processo erosivo e a destruição das dunas frontais;
- D- Avaliar, locar, monitorar e/ou implantar sistemas corretos para o transporte, armazenamento e despejo dos resíduos sólidos, além de trabalhar a conscientização da população na redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos urbanos;
- E- Monitorar a qualidade sanitária da areia no pós-praia bem como a balneabilidade d'água na zona costeira com o objetivo de diminuir a ação das bactérias patológicas disseminadoras de doenças infecto-contagiosas.

Como objetivo a longo prazo, este trabalho pretende contribuir para melhorar a qualidade de vida dos frequentadores das praias e diminuir a degradação do ambiente costeiro.

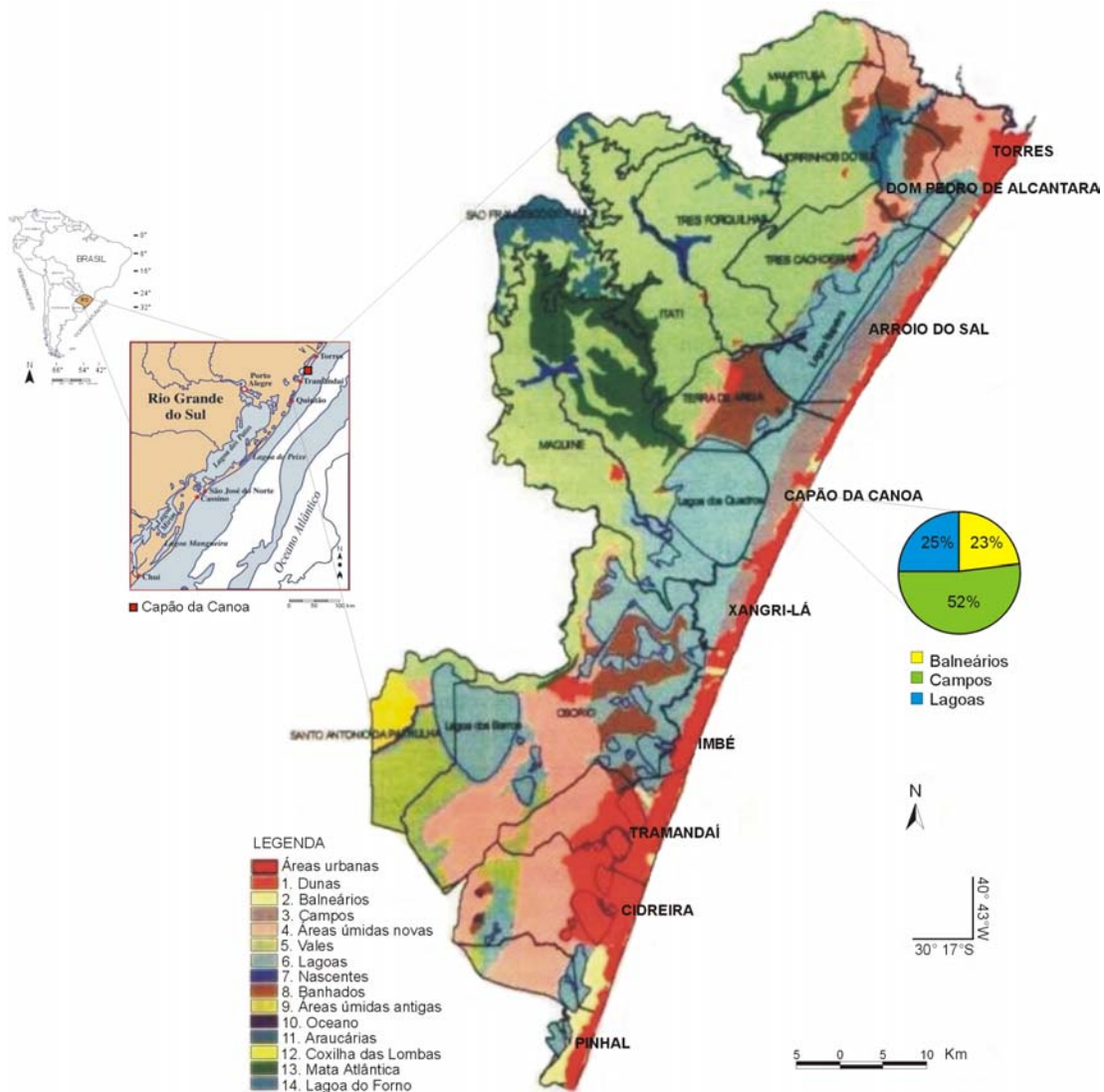


Figura 1. Localização da área em estudo com o detalhe das 14 zonas relativas ao plano de gerenciamento costeiro do estado (FEPAM, 2000) e o detalhe das 3 zonas em que o município de Capão da Canoa está inserido (balneários; campos e lagoas).

1.2 Terminologia adotada

Com o intuito de facilitar a leitura deste trabalho, seguem, abaixo, a definição de alguns termos relevantes para a compreensão do mesmo.

- 1) Limites de segurança de praia – É um programa com o objetivo de informar à população sobre a dinâmica costeira de modo a contribuir para a diminuição do número de afogamentos no litoral (CECO-IG-UFRGS);
- 2) Plano de manejo de dunas – É um programa destinado à conservação e preservação das dunas frontais proposto por Tabajara, 2000;
- 3) Balneabilidade da água - É a qualidade da água destinada à recreação de contato primário, ou seja, um contato direto e prolongado com a água, onde a possibilidade de ingerir quantidades apreciáveis de água é elevada (CETESB, 2001);
- 4) Qualidade sanitária da areia – É a qualidade da areia destinada à recreação de contato primário (Costa e Silva, 2000);
- 5) Depósito de resíduos sólidos – Local onde se deposita o lixo da cidade, podendo ser os lixões, aterros controlados ou aterros sanitários (Bidone, 1999);
- 6) Sistema binário - Por meio desse sistema numérico, todas as quantidades e todos os valores de quaisquer variáveis poderão ser expressos usando uma combinação de um determinado número de dígitos binários, ou seja, usando apenas algarismos “1” e “0” (<http://cadernodigital.uol.com.br>).

1.3 Características gerais da área de estudo

1.3.1 Localização e descrição física do município de Capão da Canoa

Conforme Verlindo (1999) esse município faz divisa ao Norte com o município de Terra de Areia; ao Sul com o município de Xangri-lá; ao Leste com o Oceano Atlântico e a Oeste com os municípios de Maquiné e Terra de Areia, nos limites da Lagoa dos Quadros e o rio Cornélios (FIG. 2).

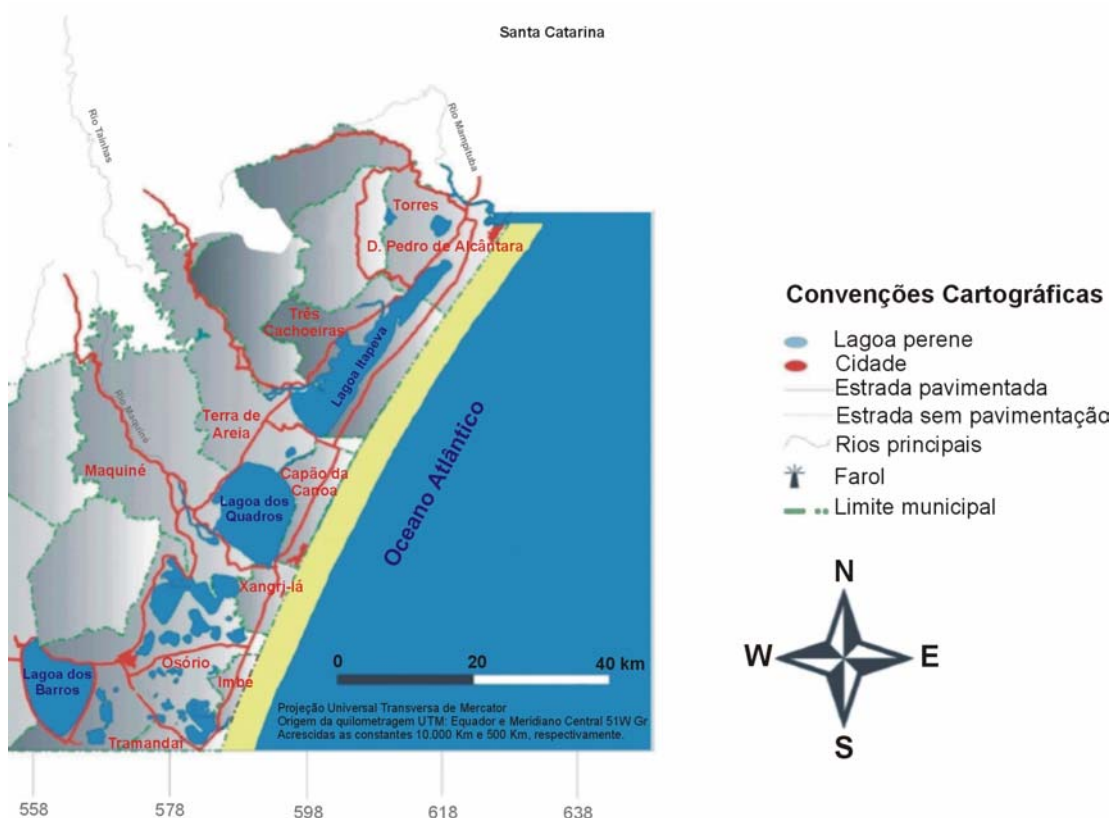


Figura 2. Limites do município de Capão da Canoa (Martins *et al.* 2002).

O relevo é constituído por terrenos baixos, levemente ondulados caracterizado por depósitos marinhos praias e depósitos eólicos de dunas litorâneas.

O vento predominante é do quadrante NE, popularmente chamado nordestão. No inverno o vento do quadrante SW, conhecido como minuano, também se faz presente no litoral. A incidência pluviométrica anualmente apresenta uma média de 1.200 mm, com precipitações mais acentuadas no inverno e na primavera (Verlindo 1999).

O município é banhado a leste pelo Oceano Atlântico e, a oeste, pela lagoa dos Quadros, lagoa Itapeva e o rio Cornélio que percorre o município de Capão da Canoa até o município de Terra de Areia.

Quanto ao clima, o Litoral Norte do Estado classifica-se como subtropical úmido. Ainda segundo Verlindo (1999) a temperatura média, nos meses de verão, oscila entre 28° e 38°C. já a mínima fica entre 6° e 10°, nos meses de junho, julho e agosto.

A vegetação é predominantemente composta por formações herbáceas, arbustivas e com mata associada. Na planície costeira, de acordo com Verlindo (1999) pode-se reconhecer associações vegetais de:

- 1- campos inundáveis;
- 2- campos com capões;
- 3- banhados ;
- 4- dunas;
- 5- terras recentemente emersas.

1.3.2 Breve histórico do município de Capão da Canoa

Capão da Canoa, que nasceu com a denominação de “Arroio da Pescaria”, como de resto todas as demais cidades do Rio Grande do Sul, foi povoada principalmente por descendentes de portugueses e espanhóis, em torno de 1750, tendo o índio e o negro participado em menor número da grande mescla de todo o povo sulino e dos demais estados brasileiros. No Rio Grande do Sul, bem mais tarde, houve a imigração alemã (1824) e a italiana (1875), que se juntaram àqueles que aqui estavam.

Segundo Verlindo (1999), um dos poucos historiadores do município, relatou que por volta de 1905, alguns moradores da faixa litorânea, no trecho compreendido entre Osório e Torres, possivelmente caçadores e pescadores, acabariam por se aproximar de um pequeno córrego localizado próximo ao mar, situado a leste da Barra do João Pedro (ver Figura 3) e que, segundo se sabe, naqueles tempos era tido como um dos mais vistosos da região, tanto que logo se transformou no ponto mais procurado por todos, principalmente pelos amantes da pesca e da caça. Daí a sua denominação “Arroio da Pescaria” (Verlindo, 1999).



Figura 3. A travessia da Barra do João Pedro, por muitos anos, foi realizada por balsa. A partir da década de 40, foi construída uma ponte flutuante suportada por tonéis. Em 1956, o DAER construiu no local a ponte de cimento armado, em pleno funcionamento até os dias de hoje (extraído de Verlindo, 1999).

Como sabemos, Capão da Canoa pertencia ao município de Osório. De 1920 a 1933, o balneário recolhia seus impostos na sede do município de Conceição do Arroio, como era denominada a cidade de Osório naquela época. Nesse mesmo ano de 1933, entretanto, na gestão do intendente Manoel Estevão Fernandes Astos, pelo ato n° 73, de 1° de fevereiro, instituído pelo intendente acima mencionado, foi criado o 6° Distrito daquela comunidade, recaindo tal indicação para a Vila de Cornélios que, na época, atravessava grande ascendência econômica em virtude do enorme benefício que vinha recebendo através da navegação lacustre Osório-Torres, implantada desde 1920. Com isso, Capão da Canoa foi incorporada à vila de Cornélios para fim de recolhimento de seus impostos. Com o passar dos anos essa situação veio a se inverter e no ano de 1952 a sede do 6° Distrito foi transferida para Capão da Canoa. A transferência do 6° distrito de Cornélios para Capão da Canoa, segundo consta, deu-se em decorrência do seu acentuado crescimento. Observa-se que Capão da Canoa passou três décadas sendo o 6° distrito de Osório (1952-1982), uma vez que sua emancipação política só veio a ocorrer a 12 de abril de 1982.

Capão da Canoa hoje

Além de Capão da Canoa, toda a região do Litoral Norte do Estado vive cercada pela natureza. O mar, a escarpa do Planalto Meridional conhecida como Serra Geral e as lagoas costeiras formam uma paisagem distinta. Capão da Canoa com apenas 18 anos de emancipação política, ainda é um município muito jovem, porém

importante pólo turístico da região norte do estado e em franco desenvolvimento (6º município em crescimento populacional - IBGE).

A economia básica do município é, inegavelmente, a indústria de turismo, alicerçada por sua localização privilegiada à beira-mar e estribada no respaldo que lhe dá a construção civil decorrente da demanda e da procura de imóveis, tanto para a compra como para locação nos meses de veraneio. No forte do verão, município chega a receber mais de 350 mil veranistas.

A extensão à beira-mar do município (18,5 km) começa desde a sua sede em Capão da Canoa, marco zero (0), até a praia de Curumim, onde termina a sua jurisdição. Fazem parte do município caponense 11 praias, a saber: Capão da Canoa, Araçá, Arco-Íris Guarani, Zona Norte, Jardim Beira Mar, Praia do Barco, Capão Novo, Praia Conceição, Arroio Teixeira e Curumim. Os dados gerais podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados Gerais

Área da Unidade Territorial	97 km ²
Latitude/Longitude	29.76°S / 50.02°W
Altitude	5 m
População Residente	30.498
• Urbana	30.334
• Rural	164
População Flutuante (dezembro a março)	350.000
Taxa de Alfabetização	94,2%
Taxa de Crescimento Anual	5,16% ao ano
	Ano de 1991 – 19.473
Taxa Média Geométrica de Crescimento Anual	Ano de 2000 – 30.498

Fonte IBGE-2004 (6º Município com a maior taxa de crescimento nos últimos 10 anos)

1.3.2.1 A questão do saneamento básico

Devido o município de Capão da Canoa ser um dos poucos municípios que possui algum saneamento básico, segue abaixo alguns dados referentes ao mesmo.

Coleta de Lixo

Em 20 de julho de 1937, o comerciante Cândido Osório da Rosa é nomeado prefeito de Osório, preocupou-se em dar o máximo de apoio aos balneários de sua jurisdição, onde se incluía Capão da Canoa. Ainda segundo Verlindo (1999) o lixo era um assunto de sua preocupação, em 1937 dá-se o início da coleta de lixo em Capão da Canoa. Esse serviço era realizado através de uma carroça de tração animal pelo cocheiro alcunhado de “zé do lixo”.

Implantação da Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos

Hoje, passadas seis décadas do início do recolhimento de lixo no balneário, Capão da Canoa possui uma estação de tratamento de resíduos sólidos urbanos, implantada no km 5 da estrada da Laguna, num área de 8 hectares.

Água Potável

Na década de 50, mais precisamente em 1957, chegou o abastecimento de água potável trazida pela Secretaria de Obras Públicas do estado. Somente oito anos mais tarde, em 1965, com a criação da CORSAN, por meio da lei nº 5.167, datada de 21 de dezembro, sancionada pelo então governador do Estado Ildo Meneghetti, é que essa Companhia passou a ser o órgão responsável por tais tarefas no estado. A água tratada foi sem dúvida um dos grandes passos para o balneário. Antes a água encanada existente no balneário era distribuída por uma única caixa d'água e não contava com nenhum tratamento. Nessa época proliferaram poços artesianos. Hoje, a CORSAN conta com quatro enormes reservatórios no município para o abastecimento de veranistas e munícipes.

Esgoto Cloacal

Capão da Canoa recebeu a sua primeira rede de esgoto cloacal em 1968, quando ainda era o 6º Distrito de Osório. Nessa época foi elaborado o 1º projeto de esgoto sanitário a ser implantado no balneário. O sistema de esgoto cloacal consiste no tratamento de esgoto por disposição no solo através de bacias de infiltração de operação intermitente, com dimensões variadas de grandes capacidades de depuração e absorção.

Em Capão da Canoa, inicialmente foram implantadas 18 bacias de infiltração de operação intermitente com 3.200 m² (80 m X 40 m). Esse potencial foi ampliado com mais 12 bacias de 40 X 40 m (1.600 m²), podendo ser construída mais 16 bacias. Esse sistema de esgoto foi implantado numa área de aproximadamente 10 ha.

2. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS

2.1. Geologia e Geomorfologia da Província Costeira do Rio Grande do Sul

A Província Costeira do Rio Grande do Sul compreende duas unidades geológicas principais (Villwock & Tomazelli, 1995), o embasamento e a Bacia de Pelotas. O primeiro é formado por rochas ígneas e metamórficas do Escudo Pré-Cambriano e pelas seqüências sedimentares e vulcânicas, Paleozóicas a Mesozóicas, da Bacia do Paraná. A segunda, uma bacia marginal aberta, foi criada pelos eventos geotectônicos que acompanharam a abertura do Atlântico Sul e, desde sua formação, no Cretáceo Inferior, tem acumulado mais de 10.000 metros de sedimentos de natureza essencialmente clástica terrígena. O mapeamento geológico e geomorfológico (Fig. 4 e 5) da seção superior da Bacia de Pelotas exposta na Planície Costeira do Rio Grande do Sul revelou que, sob o controle básico das variações climáticas e flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário (Fig. 6), os sedimentos erodidos das terras adjacentes se acumularam em dois tipos principais de sistemas deposicionais: (1) um sistema de leques aluviais ocupando uma faixa contínua ao longo da parte mais interna da planície costeira e, (2) quatro distintos sistemas deposicionais transgressivos-regressivos do tipo laguna-barreira (Fig. 7). Provavelmente cada barreira destes sistemas se originou no limite atingido por uma transgressão e foi preservada devido à regressão da linha de costa forçada por uma queda glácio-eustática do nível do mar. Em uma tentativa de uma reconstrução paleogeográfica, os quatro sistemas laguna-barreira foram interpretados como tendo se formado nos últimos 400 Ka, assumindo-se uma correlação com os períodos de mar alto representados pelos últimos maiores picos na curva de registro isotópico de oxigênio. O mais recente sistema deposicional do tipo laguna-barreira da Planície Costeira do Rio Grande do Sul desenvolveu-se durante o período Holoceno, como conseqüência da última grande transgressão pós-Glacial (estágio isotópico de oxigênio 1).

No pico transgressivo holocênico, atingido a cerca de 5 Ka atrás, o nível do mar alcançou aproximadamente 5 m acima do nível atual e possibilitou a formação de uma barreira constituída essencialmente por areias praias e eólicas. Esta barreira, instalada no máximo transgressivo graças a elevada disponibilidade de sedimentos arenosos existentes na plataforma continental interna, progradou lateralmente durante a fase regressiva que se seguiu. Esta progradação se desenvolveu principalmente através da construção de cordões litorâneos regressivos, cristas de praias (*beach ridges*) cujas características ainda podem ser observadas ao norte de Tramandaí e ao sul da cidade de Rio Grande (Godolphim, 1976).

As areias praias da Barreira IV são quartzosas, de granulação fina a muito fina (Martins, 1967; Villwock, 1972) e, em certos locais, apresentam elevadas concentrações de minerais pesados (Villwock *et. al.*, 1979; Munaro, 1994). Areias e cascalhos bioclásticos aparecem como importantes constituintes dos sedimentos da praia atual no trecho situado entre Rio Grande e Chuí (Calliari & Klein, 1993).

O campo de dunas eólicas da barreira IV é bem desenvolvido, mostrando uma largura variável entre 2 e 8 Km e se estendendo praticamente ao longo de toda a linha de costa. Em resposta a um regime de vento de alta energia proveniente de NE, as dunas livres- predominante do tipo barcanóide – migram no sentido SW, transgredindo terrenos mais antigos e avançando para dentro dos corpos lagunares adjacentes (Tomazelli, 1990, 1993).

O mapeamento geológico revelou também a ocorrência de importantes recursos minerais associados aos vários ambientes e fácies sedimentares da planície costeira. Eles incluem, entre outros, extensas acumulações de minerais pesados ao longo da praia e do campo de dunas costeiras (principalmente ilmenita, rutilo, magnetita e zircão), areias para construção civil e indústria de vidro, argilas para cerâmica, diatomitos, acumulações de conchas calcárias e importantes depósitos de turfa também foram registrados.

Por ser um terreno geologicamente jovem (\pm 2000 anos, período Holocênico) e arenoso, este ambiente é vulnerável e muito suscetível à disseminação de poluentes como coliformes, hidrocarbonetos, efluentes industriais, lixo e outros resultantes da falta de planejamento e gestão ambiental.

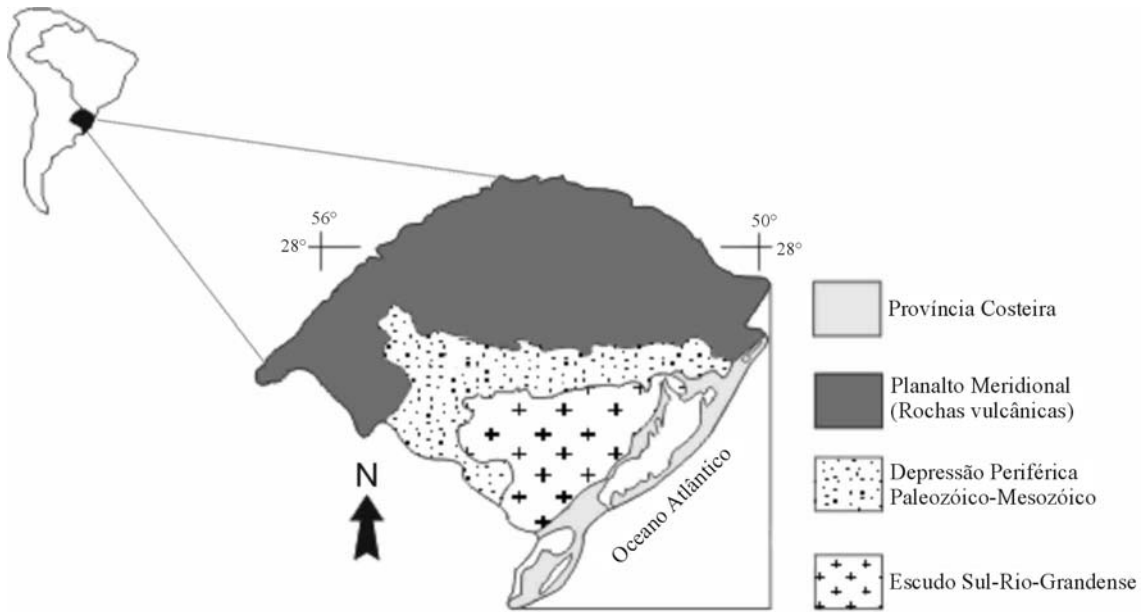


Figura 4. Localização das unidades geomorfológicas do Rio Grande do Sul. (www.unb.br/ig/sigep/sitio009/sitio009.htm).

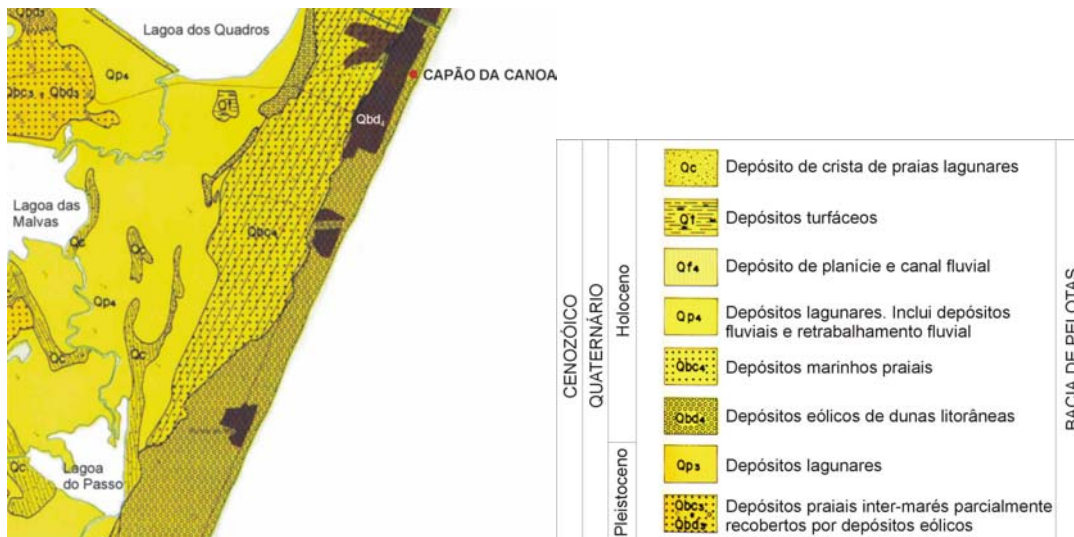


Figura 5. Mapa geológico da área de estudo. Extraído da folha *Osório e Tramandaí*, Atlas geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul (Villwock *et al.* 1984).

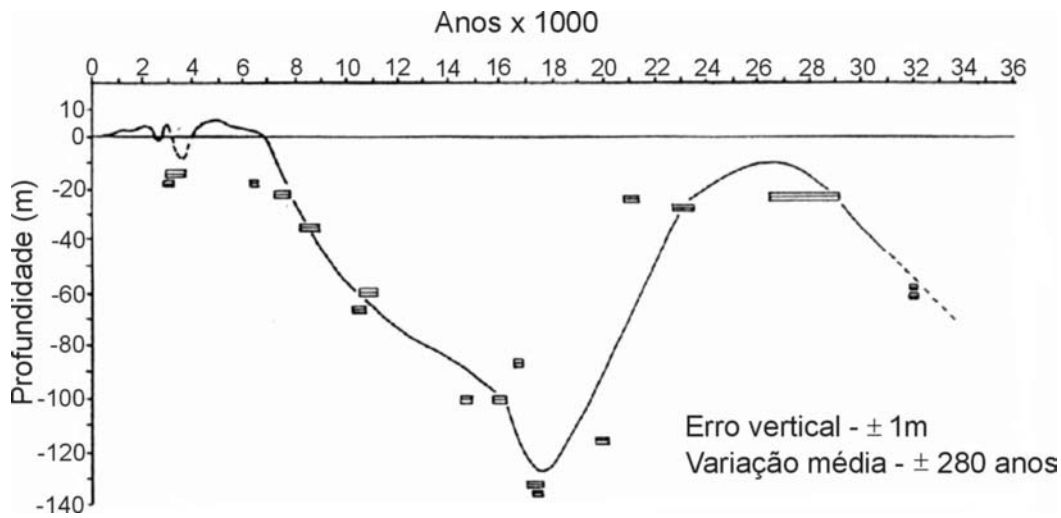
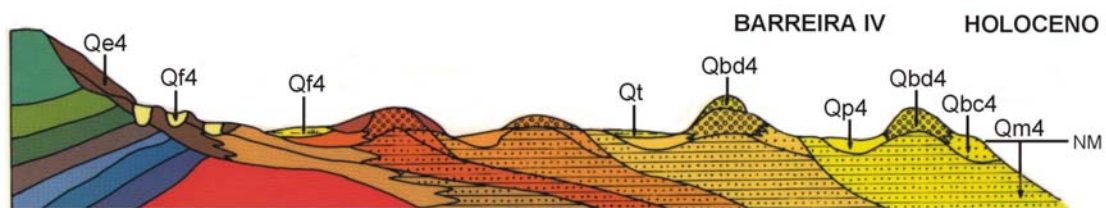


Figura 6. Variação do nível do mar durante o quaternário (Corrêa, 1990 a; 1996).



MESOZOÍCO	Cretáceo		SERRA GERAL - Vulcânicas Toleíticas: Derrames, diques e sills em massas contínuas ou em corpos isolados remanescentes.	BACIA DO PARANÁ	
	Jurássico		BOTUCATÚ - Arenitos feldspáticos endurecidos com ferrificações e silicificações. Estratificação eólica.		
	Triássico		ROSÁRIO DO SUL - Arenitos finos e grosseiros, quartzosos. Estratificação cruzada acanalada, transiciona para a Formação Botucatú.		
PALEOZOÍCO	PERMIANO		ESTRADA NOVA - Folhelhos argilosos com intercalações de arenitos finos e siltitos.		
			IRATI - Folhelhos alternados com camadas e lentes calcárias. Folhelhos pirobotuminosos.		
			PALERMO - Arenitos silteicos, siltitos arenosos e arenitos finos. Localmente arenitos conglomeráticos e siltitos arenosos silicificados.		
			RIO BONITO - Conglomerados, arenitos finos e médios com intercalações de siltitos, argilitos e siltitos carbonosos. Pelitos recobrem as fácies anteriores.		
PRÉ-CAMBRIANO			Unidades graníticas em corpos isolados ou associados a migmatitos e gnaisses de grande variabilidade textural e estrutural. Este complexo granítico e migmático é cortado por inúmeros diques de riolitos pórfiros, granófiros e diabásios.		COMPLEXO CRISTALINO

Figura 7. Esquema evolutivo da região norte da província costeira do Rio Grande Sul. Atlas Geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul (Villwock et.al 1984).

2.2. Os conceitos da Estratigrafia de Seqüências

Para todas as pesquisas desenvolvidas na zona marinha e costeira é importante determinar os ciclos estratigráficos de diferentes ordens de magnitude em que se está trabalhando. Foi através do desenvolvimento da estratigrafia de seqüências que houve uma mudança de paradigma em relação à evolução de ambientes sedimentares. Dado a importância da estratigrafia de seqüências em ambientes sedimentares achei importante acrescentar esse capítulo em meu estudo.

A estratigrafia de seqüências é uma teoria e método estratigráfico que se desenvolveu de forma aprofundada e específica, a tal ponto que vem se constituindo quase como um segmento individualizado dentro das geociências. Nos últimos anos, os eventos geocientíficos vêm dedicando espaços próprios, vias seções temáticas e simpósios, para apresentação de trabalho com conteúdos específicos sobre o assunto.

Para muitos autores, a Estratigrafia de Seqüências é vista como uma verdadeira revolução científica dentro da geociências. Miall (1997) e Della Fávera (1995) comparam que o mesmo significado que teve a Teoria da Tectônica de Placas para as geociências como um todo, teve a Estratigrafia de Seqüências para a área de geologia sedimentar e análise de bacias, ou seja, reformulou completamente a maneira pela qual passaram a ser estudadas as sucessões de estratos sedimentares.

A palavra seqüências significa uma sucessão ordenada de eventos, de procedimentos ou de coisas. Várias seqüências podem estar encadeadas numa seqüência lógica maior, como as seqüências de um filme. As sucessivas seqüências são definidas, portanto, por quebras ou interrupções, de forma que sua caracterização pressupõe a identificação de seu início e do seu fim. Dessa forma, foi bastante apropriada a proposição do termo seqüência para designar uma sucessão de estratos limitada por discordâncias no topo e na base, estabelecendo as bases do que posteriormente passou a ser referido como Estratigrafia de Seqüências.

Surgida no final dos anos 60, a sismo-estratigrafia (ou estratigrafia sísmica) teve um rápido desenvolvimento na primeira metade da década de 70, estabelecendo-se definitivamente como um método de análise estratigráfica.

Seções com excelentes resoluções sísmicas foram obtidas nas bacias marginais mesozóicas e cenozóicas costa-afora (*offshore*), o que permitiu ter uma visão bidimensional de subsuperfície nunca antes vislumbrada. A correlação de seções gerando imagens tridimensionais e a integração com dados de poços permitiram identificar a geometria dos estratos e discontinuidades físicas no registro sedimentar, dando origem a uma nova concepção da arquitetura estratigráfica das bacias sedimentares.

O conceito básico introduzido foi o de seqüência deposicional (Vail *et al.*, 1977), definida como “uma unidade estratigráfica composta de uma sucessão relativamente concordante de estratos geneticamente relacionados e limitada, no topo e na base, por discordâncias ou suas conformidades correlatas” (FIG.8). Uma seqüência deposicional forma um ciclo de fácies transgressivo-regressivo, cuja sucessão vertical de fácies é função da posição paleogeográfica da seção analisada.

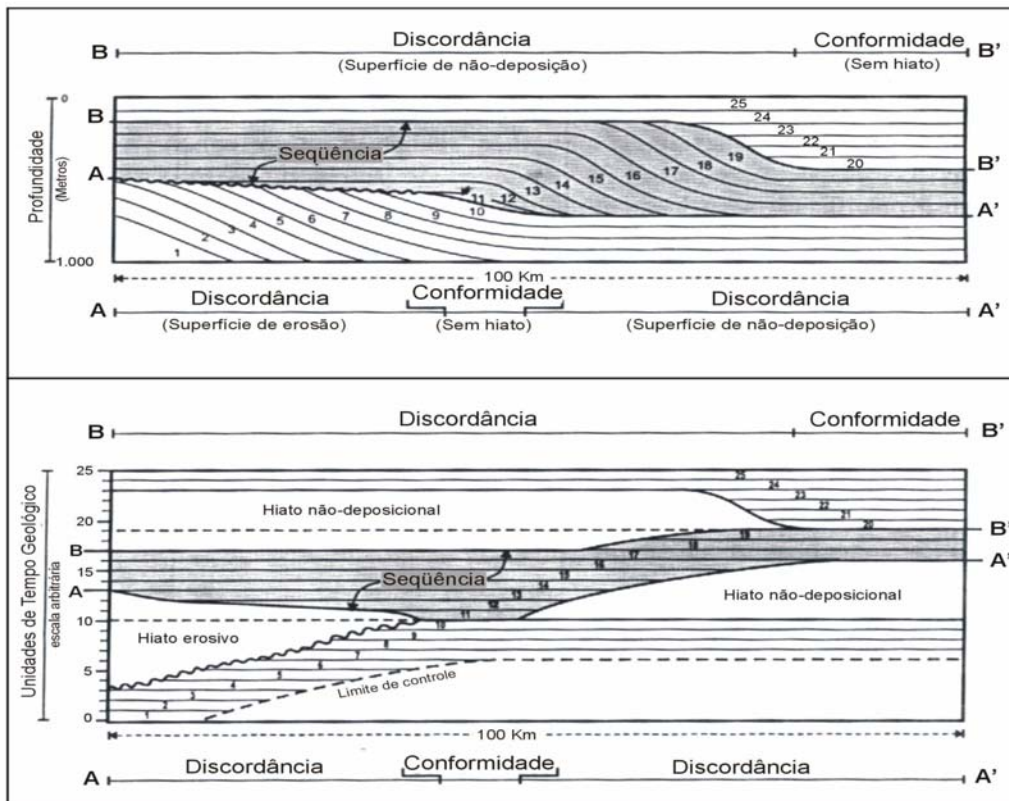


Figura 8. Representação esquemática do conceito de seqüência deposicional em bacia com área-fonte a esquerda (extraído de Ribeiro, 2001).

Galloway (1989) apresentou critérios diferentes dos de Vail *et al.* (1977) no estabelecimento das seqüências, cunhando a denominação seqüência genética. A diferença básica reside nos limites adotados (FIG.9). Galloway (1989) colocou os limites das seqüências genéticas em superfícies de inundação máxima, que geram discontinuidades não-deposicionais nas porções mais distais das bacias durante as transgressões marinhas.

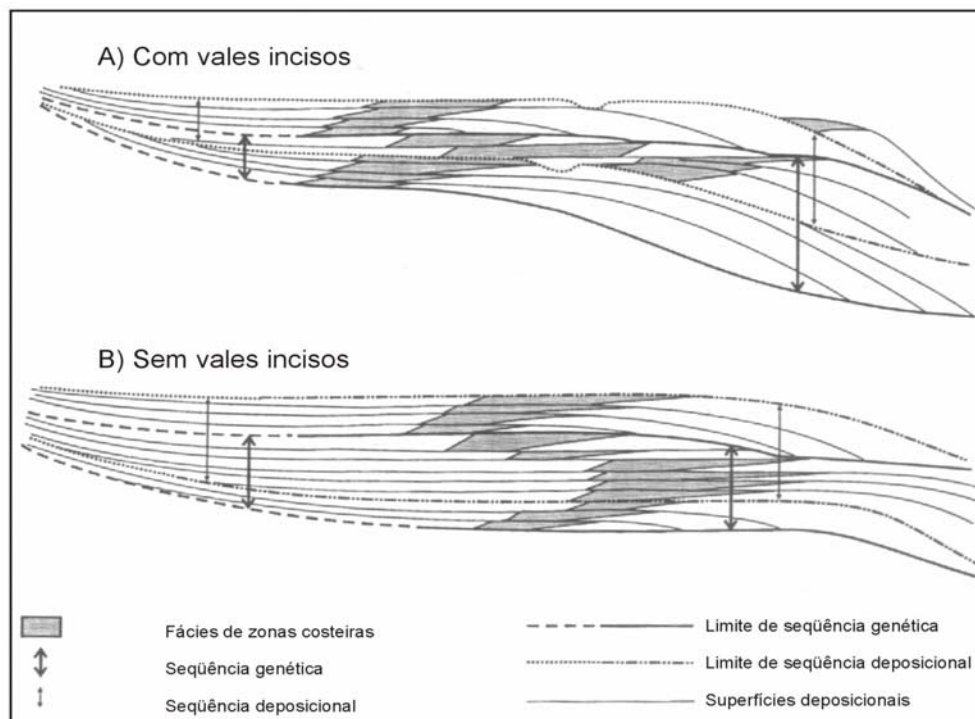


Figura 9. Comparação entre seqüências deposicionais de Vail *et al.* (1977) e seqüências genéticas de Galloway (1989). Os limites de seqüência genética correspondem a superfícies de inundação máxima (modif. Galloway, 1989).

As divergências no estabelecimento dos limites híbridos das seqüências refletem concepções genéticas diferentes. O fundamental, entretanto, é que, tanto seqüências deposicionais (Vail *et al.*, 1977) quanto as seqüências genéticas Galloway (1989) constituem unidades de menor ordem de magnitude que as seqüências estratigráficas definidas por Sloss (1963). Esta concepção foi expressa de maneira clara por Vail *et al.* (1977), que adotou o termo superseqüência (superciclo) para designar seqüências designadas por Sloss.

De acordo com a escola da Exxon, as seqüências são marcadamente condicionadas pelas oscilações eustáticas, cujas amplitudes no tempo não são constantes, denotando uma ciclicidade no registro sedimentar há muito conhecida. Não são apenas os dados de Vail e colaboradores que mostram ciclicidade nas variações relativas no nível do mar. Pode-se verificá-la também, embora com algumas diferenças, nas curvas apresentadas por outros autores, como por exemplo, na de Hallam (1984).

Na Figura 10, inicialmente apresentada como curva das variações relativas do nível do mar durante o Fanerozóico, podem ser observados dois ciclos de 1ª ordem com dois máximos de transgressão marinha, um transcorrendo do Cambriano ao Eocarbonífero e um outro no Cretáceo. É importante destacar que a curva da figura 10

–citada acima, conhecida como Curva de Vail, mais tarde foi reinterpretada como curva de deslocamento do *onlap* costeiro (Vail & Todd, 1984).

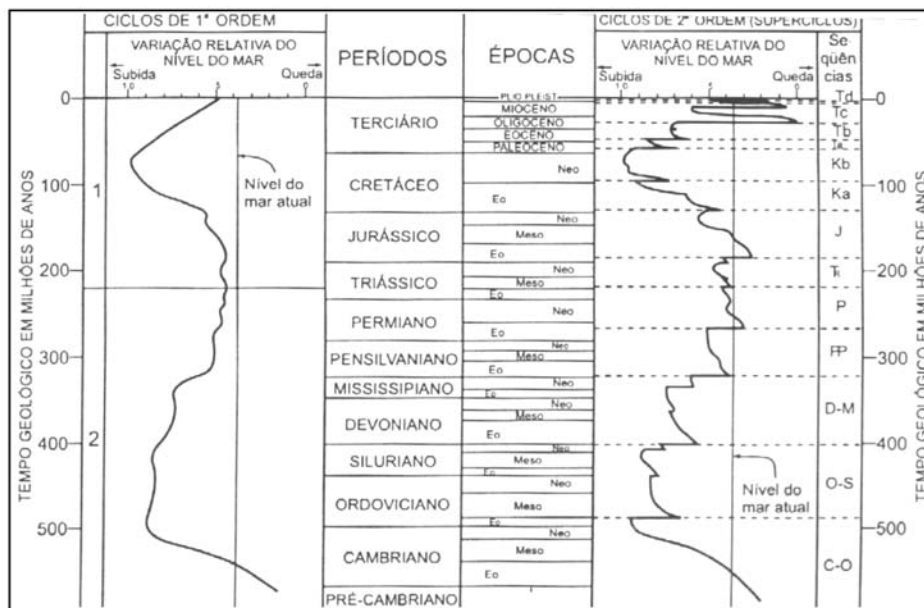


Figura 10. Curvas de variação do nível do mar durante o Fanerozóico, onde podem ser observados os ciclos de 1ª e 2ª ordens (modif. Vail *et al.*, 1977)

Pode-se verificar na figura acima os ciclos de 1ª ordem comportam vários ciclos menores de 2ª ordem, com duração de 10 a 100 Ma, correspondentes às seqüências definidas por Sloss (1963). Estes superciclos como foram chamados por Vail *et al.* (1977), são caracterizados por elevação e queda do nível do mar, constituindo ciclos transgressivos-regressivos, ou *Facies Cycle Wedge* (Figura 11) conforme terminologia de White (1980).

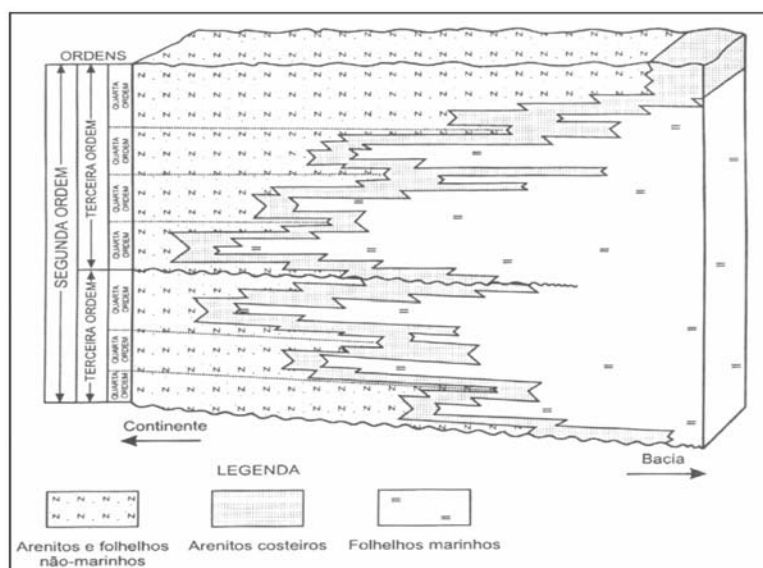


Figura 11. Ciclicidade nos *fácies-cycle wedges*. A cunha maior corresponde a um ciclo de 2ª ordem, dentro do qual existem 2 ciclos de 3ª ordem e vários de 4ª ordem (modif. White, 1980).

Os superciclos comportam ciclos menores ou de 3ª ordem, conforme terminologia de *Vail et al.* (1977), com duração de 1 a 10 Ma, e são representados por seqüências deposicionais.

A partir da hierarquização das três ordens de ciclos apresentada por *Vail et al.* (1977), ciclos de 4ª ordem passaram a ser identificados. Constituem sucessões verticais características que receberam denominações diversas, tais como ciclotemas (*Wanless & Weller, 1932*), *punctuated aggradational cycles* ou, simplesmente, PACs (*Goodwin & Anderson, 1985*) e parasseqüências (*Van Wagoner et al., 1987*).

Ciclos de alta freqüência (5ª e 6ª ordens) também passaram a ser propostos. *Della Fávera (1984)*, por exemplo, considerou como ciclos de 5ª ordem depósitos de eventos raros, tais como turbiditos, inunditos, sismitos e tempestitos. Praticamente instantâneos, tais depósitos são formados em intervalos de tempo da ordem de horas, sendo separados por hiatos de dezenas a milhares de anos.

Para melhor entendimento da ordem de magnitude dos ciclos, estes serão descritos a seguir e sumarizados no quadro 1:

- Ciclos de 1ª ordem: são ciclos eustáticos derivados de fenômenos geotectônicos globais, como a formação e ruptura dos supercontinentes;

- Ciclos de 2ª ordem: Há diversidade de opiniões quanto a origem dos ciclos de 2ª ordem. *Sloss (1972 e 1984)* e *Soares et al. (1978)* consideraram que os ciclos são produto de episódios síncronos de soerguimento e subsidência das áreas cratônicas. Para *Vail et al. (1977)*, a causa de tais ciclos é principalmente de natureza geotectônica, embora também tivessem considerado causas glácio-eustática. *Miall (1990)* considerou que muitos ciclos globais de 2ª ordem são conseqüência da variação na capacidade cúbica dos oceanos, induzida por mudanças nos sistemas de expansão meso-oceânicas (tectono-eustasia). Para *Miall (1997)*, ciclos de 2ª ordem podem ser derivados também de processos tectônicos formadores de bacias, tais como sobrecarga litosférica e subsidência distensional, situação em que constituem ciclos regionais;

- Ciclos de 3ª ordem: segundo *Vail et al. (1977)* e *Haq et al. (1988)*, os ciclos de 3ª ordem resultaram de variações eustáticas devido a glaciações e deglaciações, já que, segundo eles a elevada taxa com que se processaram as variações eustáticas não pode ser explicada por processos tectônicos.

Ciclos eustáticos globais, gerados por flutuações climáticas, como causa única para os ciclos de 3ª ordem, tornou-se uma questão polêmica nos últimos 20 anos.

Muitos problemas e dúvidas surgiram com relação à existência de sincronismo de seqüências em escala global e a eustasia como causa fundamental e única para sua explicação. Miall (1986), entre outras coisas, questionou a acuracidade das correlações cronoestratigráficas realizadas, suspeitando, inclusive, que a própria curva de Vail vinha sendo utilizada como base para definição da posição cronoestratigráfica de muitas seqüências.

Alem disso, Vail *et al.* (1977) estimaram as variações eustáticas com base no *onlap* costeiro. Nem sempre, porém, *onlap* costeiro significa oscilação eustática do nível do mar. Watts (1982) interpretou, por exemplo, subsidência térmica flexural como uma das maiores causas de *onlap* costeiro. De outra parte, as glaciações e deglaciações aventadas como causas para a ciclicidade, não explicam satisfatoriamente ciclos em épocas de nível de mar baixo, sem registro de glaciação, como nos períodos Triássico e Jurássico;

- Ciclos de (4^a a 6^a ordem): A expressão global de muitos dos ciclos de duração menor que 10⁶ (4-6^a ordem) é ainda muito questionável. Alguns podem estar relacionados a avanços e recuos de geleiras.

Os ciclos não são sempre alociclos, derivados de flutuações externas, tais como clima e tectônica. Podem também ser autociclos, de maneira local e produto da dinâmica dos sistemas deposicionais. Alociclos podem ser formados, por exemplo, pela construção e abandono de lobos deposicionais, tanto em leques submarinos quanto em sistemas deltaicos.

Quadro 1. Ciclos estratigráficos de diferentes ordens de magnitude.

CICLOS (ordem)	DURAÇÃO (anos)	SEQUENCIAS (denominações propostas)	DURAÇÃO (proposta por Vail <i>et al.</i> (1991))
1 ^a	$> 10^8$		> 50 Ma
2 ^a	$10^7 - 10^8$	<ul style="list-style-type: none"> • seqüência estratigráfica (Sloss, 1963) • sistema (Chang, 1975) • superciclo (Vail <i>et al.</i>, 1977) • superseqüência (Vail <i>et al.</i>, 1977) • seqüência tecto-sedimentar (Soares <i>et al.</i>, 1978) 	3-50 Ma
3 ^a	$10^6 - 10^7$	<ul style="list-style-type: none"> • seqüência deposicional (Vail <i>et al.</i>, 1977) • intertema (chang, 1975) • mesotema (Ramsbottom, 1979) • seqüência genética (Galloway, 1989) 	0,5-3,0 Ma
4 ^a -6 ^a	$< 10^6$	<ul style="list-style-type: none"> • ciclotema (Wanless & Weller, 1932) • PACs (Goodwin & Anderson, 1985) • parasseqüência (Van Waggoner <i>et al.</i>, 1987) 	0,08-0,5 Ma (4 ^a) 0,08-0,03 Ma (5 ^a) 0,01-0,03 Ma (6 ^a)

Por fim a estratigrafia é hoje uma ciência genética, quantitativa e preditiva, revitalizada pelo surgimento e consolidação de um novo paradigma: o conceito de seqüência.

Dado os diversos ciclos estratigráficos de diferentes ordens de magnitude, o sistema deposicional barreira-laguna 4, ambiente objeto desse estudo, é classificado como de 6^o ordem. Esse sistema deposicional veio sofrendo nas últimas décadas uma intensa ocupação populacional que comprometeu e ainda compromete este ambiente.

2.3 As variações orbitais

Os ciclos transgressivos-regressivos sucedidos no Quaternário, concomitante com os processos de dinâmica litorânea, foram responsáveis pelas mudanças morfológicas das planícies costeiras brasileiras. Essas mudanças, recuos e avanços da linha de costa foram identificadas por Vail (1991 *apud* Della Fávera, 2001), por meio de algumas evidências:

- Geológicas – mudanças no padrão sedimentar;
- Geomorfológicas – seqüências de formação de terraços marinhos, lagunas e barreiras;
- Arqueológicas – localizações de sambaquis, distantes da linha de costa;
- Geofísicas – ocorrências de terremotos;
- Geodésica – variação do nível eustático;
- Meteorológicas – mudanças climáticas.

As oscilações do nível do mar estão relacionadas aos ciclos sedimentares de 6ª ordem (menor que 10 ka) (Vail, 1991 *apud* Della Fávera, 2001), cuja periodicidade está associada aos ciclos de Milankovitch, que causam às mudanças das taxas de insolação nas altas latitudes. Tais taxas são consideradas marca-passos das glaciações, uma vez que produzem aumento e diminuição de temperatura, fusão e crescimento das calotas de gelo e conseqüente subida e descida do nível do mar (Broecker & Denton, 1990 *apud* Villwock, 1994).

Os ciclos de Milankovitch estão relacionados às mudanças orbitais e axiais da terra, que combinadas, potencializam as variações do clima do planeta durante o Quaternário (Lowe & Walter *apud* Villwock, 1994). Os movimentos orbitais e axiais são:

- Excentricidade – movimento de translação da terra em torno do sol, variação de trajetória elíptica para circular (periodicidade de 96Ka);
- Obliquidade – corresponde a variação de inclinação do eixo da terra de máximo para mínimo de obliquidade (periodicidade de 42 ka);
- Precessão – relacionada ao movimento de rotação da terra em torno de si mesma (periodicidade de 21 ka).

A fase glacial do Quaternário corresponde a regressão Pleistocênica, na qual ocorreu o rebaixamento do nível do mar deixando a plataforma exposta e sujeita a erosão dos sedimentos, em conseqüência proveu a deposição de material continental.

O máximo dessa regressão se sucedeu a 16Ka quando o nível do mar recuou a isóbata de 130 m, gerando uma paleolinha de costa, hoje bem reconhecida pelos geólogos nos perfis batimétricos e nos dados do perfilador de subsuperfície (*Sub Bottom Profile*) – 3,5 kHz (França, 1979). Essa linha indica a subdivisão das épocas Pleistoceno e Holoceno.

As variações do nível do mar exerceram grande influência na formação e evolução das planícies da costa brasileira, as quais conceberam fases evolutivas de natureza predominantemente clástica terrígena, desenvolvendo ambientes deposicionais como: laguna, ilhas-barreira e canal de ligação entre a laguna e o mar.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a criação do Índice de Qualidade de Praia e para o tratamento dos indicadores do índice foi baseada no sistema binário e na pesquisa de opinião técnica DELPHI (Bollmann & Marques, 2000). Foi elaborada uma representação gráfica para facilitar a visualização da metodologia.

3.1 O que é um indicador

De acordo com Michaelis (2002), a definição de indicador é: “(ô), adj. Que indica. S. m. 1. Aquele que indica”. Um índice é constituído de vários indicadores, logo o Índice de Qualidade de Praia não seria diferente, o mesmo foi baseado em 5 indicadores, os quais serão melhor explicados no decorrer do trabalho.

3.2 O porque dos 5 indicadores

Quando se analisa uma foto aérea de uma zona costeira, mais especificamente, a do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, o que se vê? Basicamente: areia (dunas), água, edificações (população), fauna e flora.

1. Areia (pós-praia) - local onde as pessoas passam a maior parte do tempo na praia;
2. Dunas - Feição geológica de extrema importância ao ambiente praial e com fauna e flora característica;
3. Água (mar e sangradouros) - Local onde as pessoas, muitas vezes, se banham;
4. Edificações - pode estar relacionada a geração de resíduos;
5. População - Principais atores desse ambiente.

Foi com o intuito de analisar qualitativamente os diversos fatores descritos acima é que foi criado o IQP (Índice de Qualidade de Praia), baseado em cinco (5) indicadores, são eles: qualidade sanitária da areia, plano de manejo de dunas, balneabilidade da água, depósito dos resíduos sólidos, e limites de segurança de praia oceânica.

3.3 Sistema binário

Os indicadores utilizados neste trabalho são preponderantemente qualitativos, portanto o método estatístico mais apropriado para o tratamento dos dados é o sistema binário.

A característica mais notável do sistema binário é a utilização exclusiva dos algarismos "1" e "0", os chamados "dígitos binários". Por meio desse sistema numérico todas as quantidades e todos os valores de quaisquer variáveis poderão ser expressos usando uma combinação de um determinado número de dígitos binários, ou seja, usando apenas os algarismos "1" e "0".

O uso exclusivo desses algarismos nos indicadores de índices pode levar a crer que eles apenas servem para resolver problemas muito específicos, cujas grandezas assumam apenas dois valores e que, portanto sua utilização há de ser extremamente limitada. Esta conclusão é falsa. Na verdade, toda e qualquer criação humana ou da natureza, seja ela qual for, pode ser codificada e representada (com maior ou menor precisão) sob a forma de um conjunto de números. E estes números podem ser expressos no sistema binário.

Todo o raciocínio lógico é baseado na tomada de uma decisão a partir do cumprimento de determinadas condições. Trabalha-se apenas com variáveis cujos valores alternam exclusivamente entre dois estados e não admitem valores intermediários. Estes estados podem ser representados por "um" e "zero", "sim" e "não", "verdadeiro" e "falso" ou quaisquer outras grandezas cujo valor possa assumir apenas um dentre dois estados possíveis.

O sistema binário é usado, por exemplo, no método Apgar, que consiste numa avaliação obrigatória e rotineira muito importante, feita pelo neonatologista na hora em que o bebê nasce.

(<http://cadernodigital.uol.com.br/guiadobebe/artigos/indicedeapgar.htm>.)

3.4 Pesquisa de opinião - técnica DELPHI

A literatura apresenta exemplos clássicos da utilização desta técnica, como o caso da estruturação do Índice de Qualidade das Águas da *National Sanitation Foundation* – WQI nsf. Nesses casos, a técnica de pesquisa de opinião é empregada com o objetivo de minimizar as limitações de subjetividade impostas pela opinião de um único ou de um pequeno grupo de especialistas, as quais têm sido observadas em experiências anteriores.

Em uma primeira etapa, estabelece-se o perfil dos especialistas que serão consultados na pesquisa a ser desenvolvida, considerando-se quatro aspectos fundamentais:

- 1- Multiplicidade de formação acadêmica;
- 2- Multiplicidade de atuação profissional;
- 3- Experiência profissional;
- 4- Naturalidade.

Após a seleção dos integrantes a serem consultados, elabora-se uma relação de indicadores para que sejam avaliados e ordenados por grau de importância. É importante que se garanta a liberdade aos especialistas consultados para a inclusão de outros parâmetros que não os citados originalmente na lista.

No caso específico, foi aplicada uma pesquisa de opinião entre 15 profissionais que atuam na área técnica em diferentes locais (IPH, CECO, Ecologia - UFRGS, DMAE e FEPAM), 15 turistas e 15 residentes do município de Capão da Canoa com o intuito de hierarquizar os 5 indicadores elencados (balneabilidade da água, qualidade sanitária da areia, depósito dos resíduos sólidos, manejo de dunas e limites de segurança de praia).

A partir do resultado da pesquisa, foi determinada a importância de cada indicador, de acordo com a fórmula:

$$N_j = \sum_{i=1}^{45} (n_j)_i \quad (1)$$

onde N_j = importância do indicador "j"

$(n_j)_i$ = grau atribuído pelo consultado "i" ao indicador "j" (de 1 a 5)

Hierarquizados os indicadores, atribuíram-se aos mesmos pesos de 1,3 a 2,5. Para cada indicador, foram criados sub indicadores e a estes foram atribuídos notas e pesos conforme as tabelas 2, 3, 4, 5 e 6. possibilitando a atribuição de uma nota para cada um desses indicadores. O desempenho global da praia é obtido pelo somatório do produto dos pesos pela nota atribuída a cada item, definindo sua classificação a qual, inserida em uma escala de A-E indicará a qualidade ambiental da praia.

	10	8	6	4	2	0
Nota	A	B	C	D	E	
Classificação	Excelente	Boa	Regular	Ruim	Péssima	

Tabela 2. Sub indicadores relevantes do Indicador (I) Segurança de Praia.

Segurança de Praia			
	Notas		Pesos
	Aplicação do perfil de equilíbrio (Dean)	não aplica 0	
Uso do trenó	não usa 0	usa 1	0,15
Bandeiras sinalizadoras de correntes de retorno	não existe 0	existe 1	0,05
Bandeiras sinalizadoras da periculosidade do mar	não existe 0	existe 1	0,05
Folders ilustrativos e explicativos	não existe 0	existe 1	0,3
Placas sinalizadoras e informativas	não existe 0	existe 1	0,05
			$\Sigma = 1$

Nota: Classificação morfodinâmica da praia

Tabela 3. Sub indicadores relevantes do Indicador (II) Plano de Manejo de Dunas.

Manejo de dunas		Notas		Pesos
Responsável técnico		não possui 0	possui 1	0,3
Tempo de duração		<1 ano 0	>1ano 1	0,15
Calçadão	existe	influencia 0	não influencia a morfodinâmica 1	0,2
	não existe	-	1	
Mão de obra, quantidade e disponibilidade		não atende 0	atende 1	0,05
Envolvimento da população		não existe 0	existe 1	0,1
Causas da erosão		Antrópico 0	Natural 1	0,2
				$\Sigma = 1$

Tabela 4. As 2 categorias do Indicador (III) Balneabilidade da Água.

Balneabilidade da Água				
	Categoria	Limite de Coliforme Fecal NMP/100 ml	Notas	Pesos
Própria	Excelente	Máximo de 250 em 80% ou mais do tempo	1	1,0
	Muito boa	Máximo de 500 em 80% ou mais do tempo	1	0,7
	Satisfatória	Máximo de 1.000 em 80% ou mais do tempo	1	0,35
	Imprópria	Superior a 1.000 em mais de 20% do tempo ou superior a 2.500 na última amostragem	0	0
				$\Sigma = 1$

Tabela 5. As 2 categorias do Indicador (IV) Qualidade Sanitária da Areia.

Qualidade Sanitária da Areia				
	Categoria	Limite de Coliforme Fecal NMP/100 ml	Notas	Pesos
Própria	Excelente	Máximo de 250 em 80% ou mais do tempo	1	1,0
	Muito boa	Máximo de 500 em 80% ou mais do tempo	1	0,7
	Satisfatória	Máximo de 1.000 em 80% ou mais do tempo	1	0,35
	Imprópria	Superior a 1.000 em mais de 20% do tempo ou superior a 2.500 na última amostragem	0	0
				$\Sigma = 1$

Tabela 6. Sub indicadores relevantes do Indicador (V) Área de Depósitos de Resíduos(FEPAM,2004).

Área de Depósito de Resíduos Sólidos	Notas		Pesos
Deverão ser preservadas as florestas e demais formas da vegetação nativas conforme lei federal nº 4771/65 e lei Estadual nº 9519/92 bem como a vegetação localizada dos cursos de água nascentes permanentes ou temporárias e topos de morros estabelecidos no art. 3º da resolução 004/85 do CONAMA;	0	1	0,075
A área deverá estar de acordo com a legislação do uso do solo vigente, municipal, estadual e federal;	0	1	0,075
O aterro deverá situar-se a uma distância maior que 200 m das nascentes, arroios e outros mananciais de água com distância medida horizontalmente a partir da cota máxima de inundação;	<200 m 0	>200 m 1	0,2
O nível de água do lençol freático deverá situar-se no mínimo 2 m da base do aterro	0-2 m 0	>2 m 1	0,15
O aterro deverá situar-se no mínimo a 2Km e máximo de 15 Km de núcleos residenciais;	<2 ou >15Km 0	2-15Km 1	0,15
O aterro deverá manter uma distância mínima de 20 m a partir da faixa de domínio de rodovias, estradas e caminhos e de 10 m das divisas de propriedade vizinhas;	0	1	0,15
A área deverá situar-se de forma que os ventos predominantes não soprem em direção a núcleos residenciais;	0	1	0,025
A declividade da área deverá situar-se entre 2-20%;	<2 ou >20% 0	2-20% 1	0,1
A área deverá possuir jazidas de empréstimo próximas ou possuir no local material adequado e suficiente para cobertura dos resíduos sendo que as jazidas e áreas de empréstimo deverão estar licenciadas;	não tem 0	tem 1	0,025
ter capacidade para receber os rejeitos pelo período mínimo de 10 anos;	<10 0	≥10 1	0,025
A área deverá ter condições de acesso e de operação mesmo em épocas de chuva;	0	1	0,025
			$\Sigma = 1$

Nota: Áreas selecionadas, se possível, com base em interpretação de fotografias aéreas e cartas topográficas, antes de ir a campo;

3.5 Representação gráfica

A representação gráfica dos 5 indicadores analisados no município de Capão da Canoa utilizados para obtenção do Índice de Qualidade de Praia, encontra-se na próxima página. Nela é possível visualizar os indicadores com seus respectivos sub-indicadores e notas.

FLUXOGRAMA - IQP

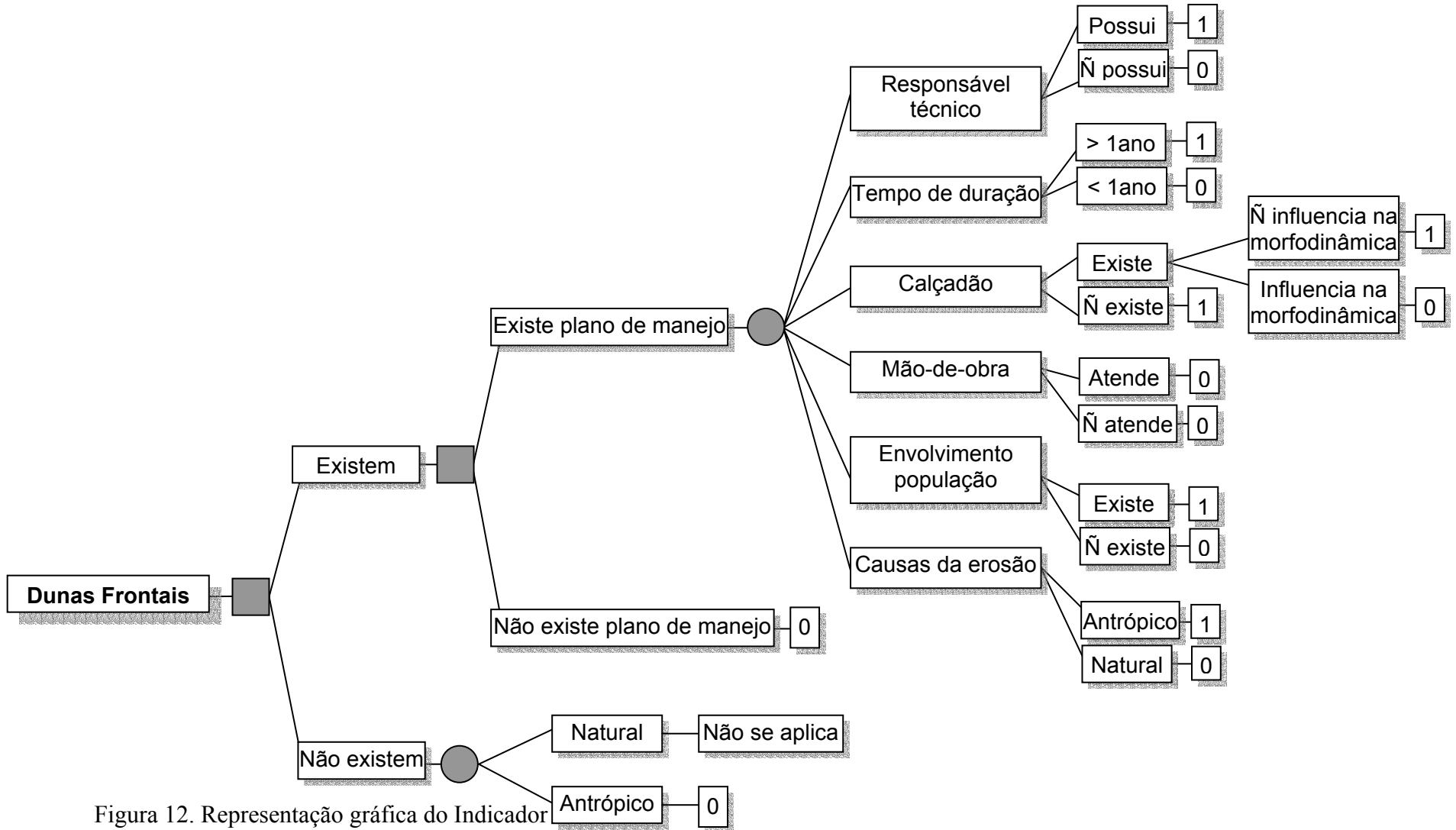


Figura 12. Representação gráfica do Indicador

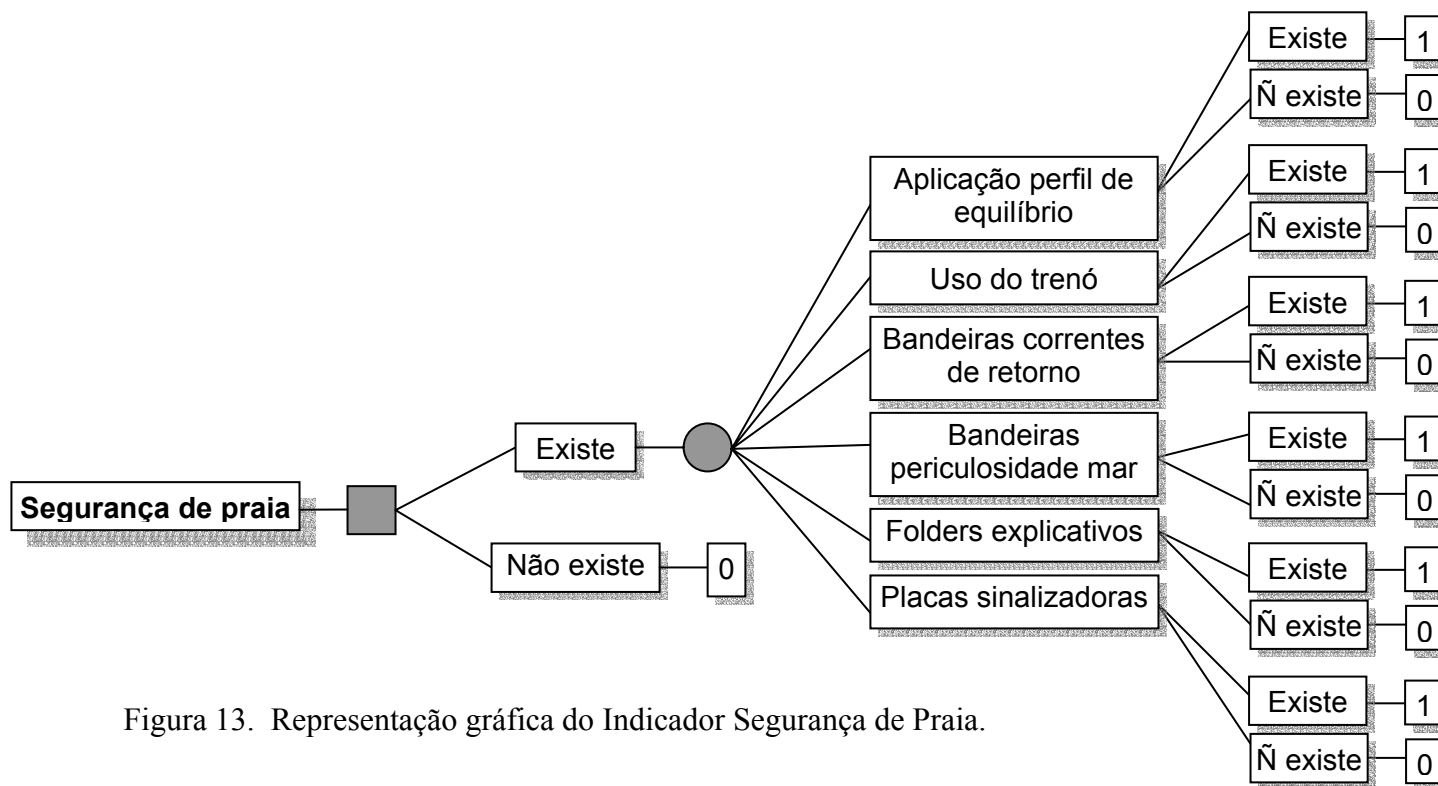


Figura 13. Representação gráfica do Indicador Segurança de Praia.

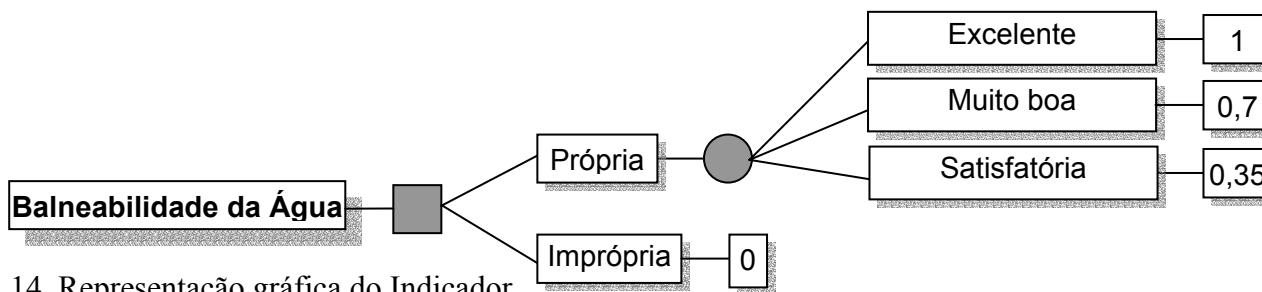


Figura 14. Representação gráfica do Indicador

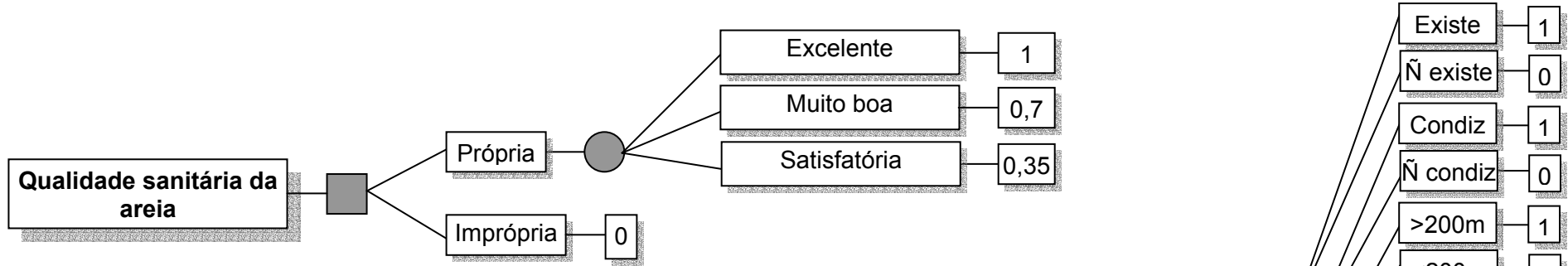


Figura 15. Representação gráfica do Indicador

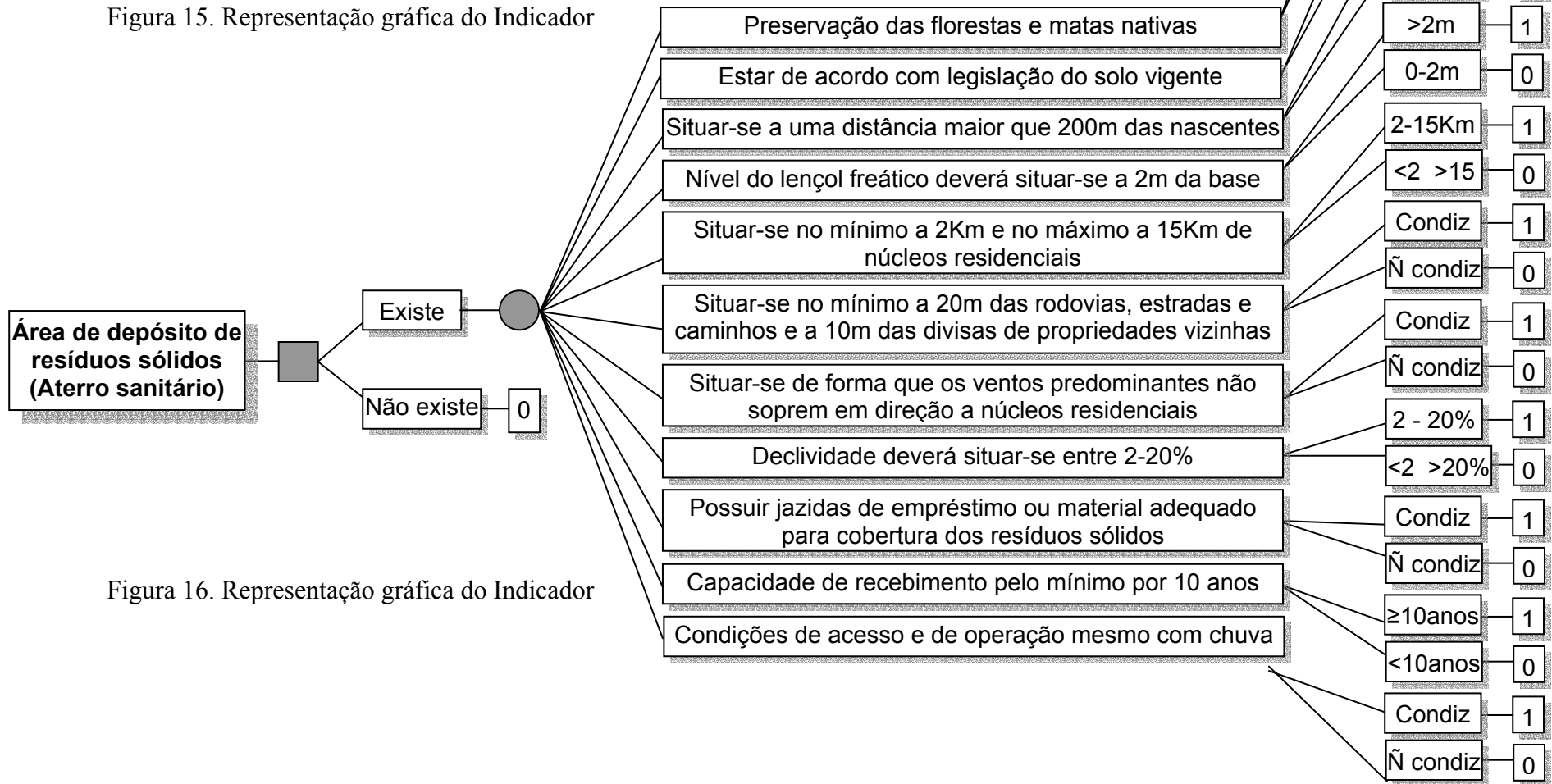


Figura 16. Representação gráfica do Indicador

Serão apresentados a seguir os 5 indicadores analisados no município de Capão da Canoa utilizados para obtenção do Índice de Qualidade de Praia. Os indicadores I e II (Limites de Segurança de Praia e Plano de Manejo de Dunas, respectivamente) foram baseados em estudos anteriores relacionados à dinâmica costeira, já os Indicadores III, IV e V (Balneabilidade da Água, Qualidade Sanitária da Areia e Depósitos de Resíduos Sólidos, respectivamente) foram baseados em análises de campo coletadas no período de execução do presente trabalho.

4. INDICADOR I - LIMITES DE SEGURANÇA DE PRAIA

4.1 Introdução

O pouco conhecimento sobre a dinâmica praial e a falta de divulgação de normas de segurança de praia fazem com que muitos banhistas e esportistas aquáticos se aventurem no mar sem conhecer os riscos do local. Esta é a causa básica da maioria dos afogamentos que ocorrem no litoral gaúcho.

O domínio de conhecimentos básicos sobre a dinâmica praial pode contribuir muito para a redução do número de afogamentos. Para isso é necessário ensinar às pessoas qual é o padrão das correntes e a morfologia de fundo, o que se deve ou não fazer e como proceder em caso de problemas.

Foi devido ao conhecimento técnico desenvolvido junto ao Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO-IG-UFRGS) sobre a zona costeira, que foi possível desenvolver um programa com o objetivo de informar à população sobre a dinâmica costeira de modo a contribuir para a diminuição do número de afogamentos no litoral do Rio Grande do Sul.

O Laboratório de Oceanografia Geológica - LOG/FURG, através do Prof. Lauro J. Calliari, introduziu de forma pioneira no país o projeto Segurança de Praia. O mesmo aconteceu em Santa Catarina com os trabalhos desenvolvidos pelo Prof. Antônio H.F. Klein do CTTMar/UNIVALI.

4.1.1 Praias: riscos e segurança

As praias são um dos principais locais de recreação da população no mundo, atraindo pessoas de todas as idades, sexo, cultura e classe social para o ambiente marinho (Wright & Short, 1984). Uma estimativa de 233 milhões de pessoas visitaram as praias americanas durante o ano de 1996 (Gould, 1997), no litoral norte do Rio Grande do Sul cerca de 1.436.449 e em Capão da Canoa cerca de 350.000 pessoas se deslocam para este município nos meses de verão (Fepam, 2001). Entretanto, as praias apresentam um grande risco à população. Elas formam o limite entre a terra seca e a água, mudam constantemente sua topografia composta por bancos e buracos; contém arrebentações que podem produzir alta turbulência, ondas que geram fortes correntes em direção à praia. Além disso, contém correntes na zona de surfe que podem carregar pessoas em direção ao mar aberto e através da corrente longitudinal, paralelo a praia. Outros riscos podem estar relacionados à fatores

regionais - regime de maré, correntes de maré, e fortes ventos - e fatores locais - rochas, corais, plataformas, saída de rio e *megarrips*.

As praias se tornam um risco público a partir do momento que às pessoas freqüentam o ambiente praial, sem conhecê-lo. O nível de risco é função da natureza e do nível de periculosidade, e do tipo de praia e número de pessoas que as freqüentam.

4.2 Conceitos básicos

4.2.1 Definição de zona costeira

A zona costeira é composta de uma área territorial e outra marítima. A parte territorial engloba todos os municípios costeiros do litoral brasileiro, somadas às áreas de outros municípios interiores que abrigam atividades potencialmente poluidoras à zona costeira. A parte marítima é coincidente com o nosso mar territorial, isto é, a faixa com largura de 12 milhas náuticas (Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, 1988).

De acordo com o Sorensen *et al.* (1992), a zona costeira é a interface ou espaço transicional entre dois domínios ambientais, a terra e o mar. Tem sido definida como aquela parte da terra que é afetada pela sua proximidade com o oceano e aquela parte do oceano que é afetada pela terra.

Conforme já foi observado em Villwock (2000), uma das melhores definições de zona costeira foi a considerada por Carter (1988), em seu livro “Coastal Environments”. O autor diz: “Zona costeira é o espaço em que ambientes terrestres influenciam ambientes marinhos e vice-versa. A zona costeira tem largura variável no espaço e no tempo. O estabelecimento dos limites zonais é difícil, porém, na maioria das vezes, estes limites são marcados por um gradiente de transição ambiental. Uma mesma localidade da zona costeira pode ser caracterizada tomando-se por base critérios físicos, biológicos ou culturais, os quais não precisam coincidir e, na verdade, raramente o fazem.”

A zona costeira é a estreita faixa de contato da terra com o mar na qual a ação dos processos costeiros se faz sentir de forma mais acentuada e potencialmente mais crítica à medida que efeitos erosivos ou construcionais podem alterar a configuração da linha de costa. Representa também uma faixa na qual a degradação ambiental por destruição da vegetação e construção de edificações se torna extremamente evidentes por modificar, geralmente para pior, a estética da paisagem e até mesmo intervir no processo de transporte sedimentar, tanto eólico quanto marinho,

provocando desequilíbrios no balanço sedimentar e conseqüentemente na estabilidade da linha de costa. Assim, tanto no sentido do estabelecimento de uma zona de proteção costeira contra fenômenos erosivos, quanto no de preservação da paisagem, torna-se importante a definição de critérios para a fixação de limites tanto oceânicos quanto terrestres.

Nos critérios atuais, o limite de 33m, dos chamados terrenos de marinha, medido, em direção a retroterra, a partir da baixa mar de sizígia de 1831, além de ser de difícil determinação, freqüentemente não ultrapassa a largura da berma de praias mais largas. Também os critérios sobre o limite da zona costeira passaram a ser discutidos recentemente.

Segundo Muehe, 2001 a proposta de definição dos limites submarino e terrestres deve considerar os seguintes elementos:

- Zona submarina: Isóbata de 10 m podendo ser modificado desde que, no caso de redução da profundidade, haja um estudo ambiental comprovando a localização do limite de fechamento do perfil em profundidades menores;
- Zona terrestre urbanizada: Limite de 50 m contado a partir do limite de praia (conforme definido na lei 7.661/88) ou a partir da base do reverso da duna frontal, quando existente;
- Zona terrestre não urbanizada: Limite de 200 m contado a partir do limite da praia ou a partir da base do reverso da duna frontal, quando existente;
- Falésias sedimentares: Limite de 50 m a partir da borda da falésia; em lagoas ou lagoas costeiras 50 m contados a partir do limite da praia ou da borda superior da margem; em estuários 50 m contados a partir do limite da praia ou da borda superior em ambas as margens e ao longo das mesmas até onde cessa a penetração da água do mar;
- Falésias ou costões em rochas duras: Limite a ser definido segundo plano diretor do município, estabelecendo uma faixa de segurança de pelo menos 1 m acima do limite máximo de ação das ondas de tempestade;
- Áreas inundáveis: Limite definido por uma isolinha localizada a uma cota de pelo menos 1 m acima do limite da área atualmente alcançada pela preamar de sizígia.

De acordo com Almeida et.al.,1999, a profundidade de fechamento pode ser definida como o limite de influência da zona de rebentação, ou seja, identifica a fronteira da zona de transporte arenoso longitudinal e transversal ativo onde não ocorrem alterações significativas da cota do fundo. Segundo estes autores, a profundidade de fechamento, correspondente ao limite interno, para o litoral norte do Rio Grande do Sul está situada em torno de 7,5 m.

4.2.2 Definição de praia:

As praias são depósitos de sedimentos, normalmente arenosos, acumulados pela ação de ondas e que apresentam grande mobilidade constituindo-se em importantes regiões utilizadas para o lazer (Muehe, 1995).

Hoeffel (1998), conceitua praia como uma acumulação de sedimentos inconsolidados que se estendem desde o início da quebra da onda até o seu espraiamento ou sob condições de energia extrema associados ao limite do espraiamento de ondas de tempestade ou marés (Fig. 17).

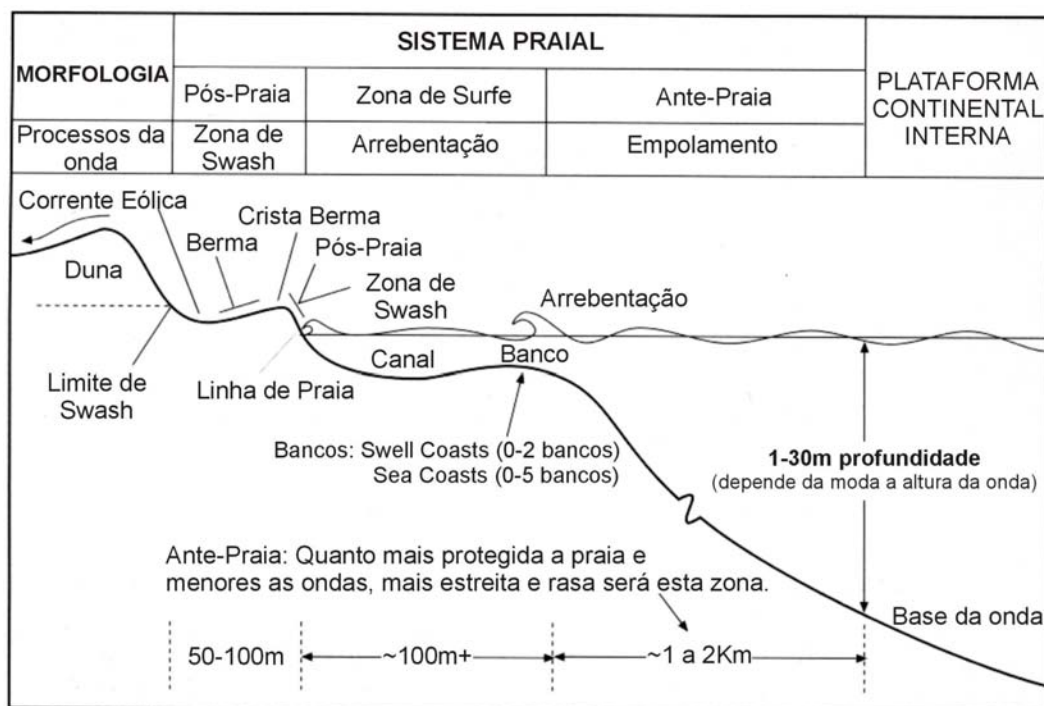


Figura 17. Desenho esquemático do sistema praiial (modificado de Wright & Short, 1984).

A morfologia de uma praia depende de um amplo número de fatores físicos tais como tamanho e composição dos sedimentos, energia das ondas, correntes e marés e por último a ação do vento.

Existem modelos, elaborados pelos pesquisadores da escola australiana Wright & Short (1984), que analisam a variabilidade espacial de praias e reconhecem seis estágios morfológicos distintos sendo dois extremos (dissipativos e reflectivos) e quatro intermediários. Os extremos são (Fig. 18 e 19):

Praia totalmente dissipativa: caracterizada por uma declividade suave, uma granulometria fina, uma ampla zona de arrebentação, ocasionada pela presença de triplas barras onde as ondas dissipam a maior parte da energia antes de atingir o estirâncio com curtos períodos e um grande estoque arenoso localizado na porção subaquosa.

Praia totalmente reflectiva: caracterizada por uma declividade mais acentuada, uma granulometria mais grossa, uma zona de arrebentação muito estreita, onde grande parte da energia das ondas incidentes é refletida com longos períodos e o estoque arenoso se concentra na porção subaérea. (Toldo, *et al.* 1993) & (Silva, 1998).

Praia intermediária com banco e cava longitudinal : este tipo de praia é a de mais baixa energia dentre as praias do tipo intermediária (Fig. 20). Elas são caracterizadas por apresentarem uma declividade moderada que depende do tamanho de grão. Os bancos geralmente se estendem de 20 à 50 m em direção ao mar (embora eles possam atingir 100m quando se tratar de areia fina) e continuam ligados à praia ao longo da costa. O terraço pode ser plano e sem forma, ter uma pequena crista central e ser cortado por pequenos e rasos canais por dezenas de metros (Short, 1979b).

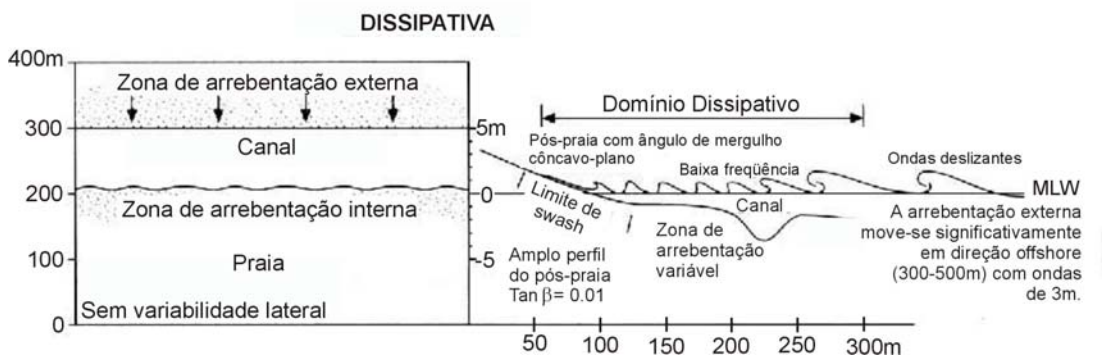


Figura 18. Praia do tipo dissipativa (modificado de Wright & Short, 1984).

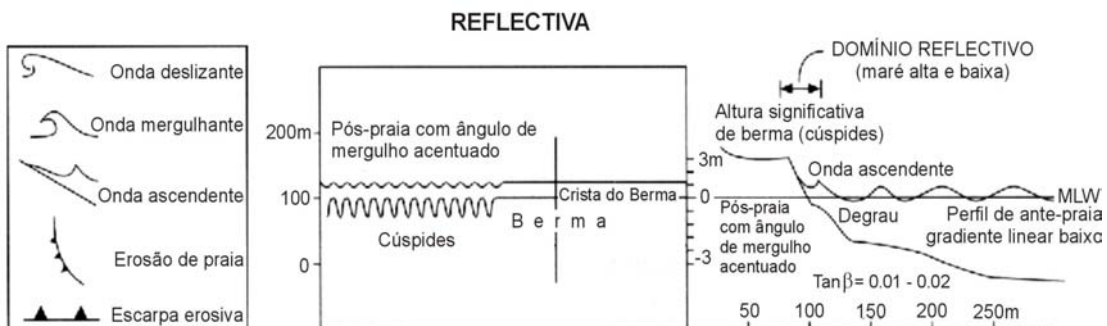


Figura 19. Praia do tipo reflectiva (modificado de Wright & Short, 1984).

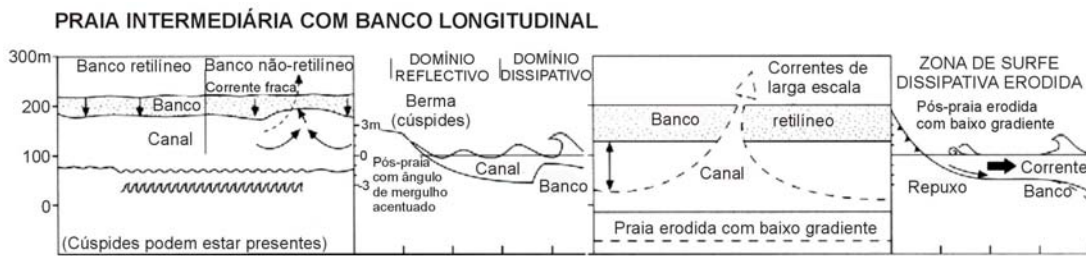


Figura 20. Praia do tipo intermediária com banco e cava longitudinal (modificado de Wright & Short, 1984).

O perfil transversal de uma praia varia com o ganho ou perda de sedimento de acordo com a energia das ondas, ou seja, devido às alternâncias entre zona de tempo bom e zona de tempestades (Muehe, 1995).

4.2.3 Estado morfodinâmico da zona de surfe e praia

Embora o conceito de estágios morfodinâmicos, implique em uma completa assembléia de formas deposicionais e processos hidrodinâmicos praias, estes estágios podem ser examinados em seus dois extremos: (1) totalmente dissipativo, com praias suaves, extensas e com grande estoque de sedimentos subaquosos, (2) totalmente reflectiva, com praias íngremes e pequeno estoque de sedimentos subaquosos, porém com grande estoque de sedimentos subaéreos (Wright & Short, op. cit., 1985).

Morfodinamicamente os dois extremos podem ser distinguidos pelo parâmetro *surf scaling*, segundo Guza & Inman (1975) e Wright & Short (1984):

$$\epsilon = a_b w^2 / (gtg^2m)$$

onde a_b corresponde à amplitude da onda de rebentação, w corresponde à frequência angular da onda incidente ($2\pi/T$; T = período), g corresponde à aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$), tg e m correspondem à tangente da declividade do perfil praias.

A condição reflectiva ocorre quando $\epsilon < 1,0$ Guza & Inman (1975) e Wright & Short (1985), notaram que para $\epsilon \leq 2,0 - 2,5$ haverá continuidade de forte condição reflectiva, com rebentação tipo ascendente. Para valores de $\epsilon > 2,5$, as ondas mostram rebentação tipo mergulhante, dissipando a energia. Por outro lado, quando $\epsilon > 20$, as ondas mostram rebentação tipo deslizante (Galvin, 1972, *apud* Wright & Short, 1985), e a zona de rebentação torna-se mais extensa e turbulenta, incrementando a dissipação de energia das ondas incidentes.

A classificação de uma praia pela tipologia de estados ou estágios é considerada por Muehe (1996), um indicador muito prático para desenvolver ambientes praias visando compreender a resposta morfodinâmica aos eventos extremos e para a análise da susceptibilidade a impactos.

Wright & Short (1984) relacionaram quantitativamente as variáveis envolvidas no condicionamento morfodinâmico de uma praia, associando cada tipo a intervalos numéricos distintos de Ω através da equação abaixo, baseada nas proposições de Dean (1973) e Dalrymple & Thompson (1977).

$$\Omega = \frac{H_b}{w_s \cdot T}$$

Onde H_b equivale a altura da onda na rebentação, w_s a velocidade de queda do grão do sedimento e T equivale ao período da onda.

Segundo Hoefel (1998), a ampla aceitação e uso que se tem feito dos princípios introduzidos pela escola australiana de geomorfologia costeira justificam uma especial atenção aos trabalhos realizados por esta escola. Os primeiros testes deste parâmetro foram realizados em laboratório por Gourlary em 1968, Battjes em 1974, Balsillie em 1983 (Short, 1999).

Wright & Short (1984), adaptaram a utilização de Ω para praias naturais baseados em um número significativo de perfis praias medidos na costa sudeste da Austrália e identificaram quatro estágios morfodinâmicos intermediários de praias, além dos extremos reflectivo e dissipativo.

Trabalhos como (Short, 1979; Wright *et al.*, 1985; Short, 1999) apontam para validade da aplicação deste parâmetro em praias genericamente consideradas como ambientes de energia alta a moderada dominada por ondulações e eventualmente sujeitas à ação de tempestades, além de estarem submetidas a um regime de micro-marés.

No Rio Grande do Sul, Tozzi & Calliari (2000), aplicaram o modelo Ω em seu estudo sobre a morfodinâmica da Praia do Cassino e concluíram que Ω evidencia a oscilação entre eventos destrutivos e construtivos, considerando significativamente as situações hidrodinâmicas para o perfil sedimentar da praia.

De acordo com Galvin (1968), a partir de experimentos de campo e laboratório, determina-se o coeficiente de rebentação utilizando a altura da onda no ponto de rebentação:

$$\beta = \frac{H_b}{gT^2}$$

onde,

β = coeficiente de rebentação

H = altura da onda,

e o subfixo b , indica a medida efetuada no ponto de rebentação.

Galvin, op. cit, demonstrou que a através deste coeficiente (β) é possível definir a forma de rebentação da onda em quatro tipos básicos: (1) ascendente, (2) frontal, (3) mergulhante e (4) deslizante, onde os valores do coeficiente de rebentação (β) incrementam a partir do tipo de rebentação ascendente para o tipo deslizante.

Segundo Galvin, op. cit, os quatro tipos de rebentação são governados por três variáveis principais (Tab. 7) :

a- declividade do perfil praial;

b- razão h_b/d_b ;

c- ângulo da crista da onda, em relação a vertical.

Tabela 7. Variáveis no controle da rebentação.

	Deslizante (Spilling)	Mergulhante (Plunging)	Frontal (Collapsing)	Ascendente (Surging)
a	plano	médio	íngreme	íngreme
b	1,2	0,9	0,8	≈ 0 (?)
c	$< 30^\circ$	$30^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$	$\approx 90^\circ$ (?)

A equação utilizada para o cálculo de db foi definida empiricamente por Weggel (1972, *apud* Shore Protection Manual, 1984):

$$h_b/d_b = 1 / b - (aH_b/gT^2)$$

$$a = 43,75 (1 - e^{-19n}) \quad b = 1,56 / (1 + e^{19 \cdot 3n})$$

4.2.4 Regime de marés

As marés são a periodicidade de subida e descida na superfície oceânica devido à força gravitacional da lua e do sol, agindo na rotação da Terra. A quantidade de força está relacionada ao tamanho de cada um e de suas distâncias em relação à Terra. Enquanto que o sol é muito maior que a lua, a lua exerce 2,16 vezes a força do sol, pelo fato de ela estar mais próxima da Terra. Por este motivo, aproximadamente 2/3 da nossa força de maré está relacionada à lua e é chamada de maré lunar e 1/3 está relacionada ao sol e é denominada de maré solar. Devido à rotação e a órbita da Terra, assim como a órbita da lua e do sol, todos estão rigidamente arranjados. O período de maré da lua ou o tempo entre a maré alta e a maré baixa tem uma duração de 12,42 horas, enquanto o período solar é de 24,07 horas. Devido a estes períodos estarem fora de fase, eles resultam em tempos, quando eles estão em fase e combinam suas forças para produzir taxas maiores que as taxas médias de marés são denominadas de Maré de Sisigia. No entanto, 14 dias mais tarde eles estão fora de fase e neutralizam-se entre si para produzir taxas médias de marés mais baixas chamadas Marés de quadratura. Todo o ciclo leva 28 dias e é chamado de ciclo lunar sobre um mês lunar.

A maré atual é de fato uma onda, corretamente chamada de onda de maré e não deve ser confundida com tsunames. Ondas de maré consistem de uma crista e uma cava, mas possuem centenas de quilômetros de comprimento. Quando a crista chega na costa é chamada de maré alta e a cava de maré baixa. A variação da maré em oceanos profundos é zero no ponto anfidômetro e varia menos que 15 cm sobre o oceano. Entretanto, ondas de maré devido ao seu grande comprimento, sempre se comportam como ondas de água rasa, e como elas se movem em direção à costa e passam por plataformas continentais relativamente rasas (menor que 150 m de profundidade) elas são amplificadas devido ao processo de empolamento e aumentam de altura de 1 a 3 m.

As marés em ambientes costeiros foram primeiramente estudadas por Davies, (1964), que classificou o ambiente de maré em: micro-maré, quando a amplitude da maré é menor que 2m, meso entre 2 e 4 m e macro maior que 4 m.

As zonas costeiras que possuem micro-marés apresentam sistemas deposicionais do tipo ilha-barreira alongadas (30 a 100 Km), pequeno número de canais e pouco desenvolvimento de manguezais e marismas. No Rio Grande do Sul os marégrafos registram uma amplitude média de maré inferior aos 50 cm.

Devido à pequena amplitude da maré astronômica, a principal oscilação do nível do mar que afeta a região está relacionada às marés meteorológicas, também chamadas de ressacas. (Villwock & Tomazelli, 1995).

As marés meteorológicas também apresentam um papel importante na zona costeira. Define-se maré meteorológica como sendo a diferença entre a maré realmente observada e a maré astronômica (Pugh, 1987). Duas causas provocam a maré meteorológica: as variações da pressão atmosférica e a troca de *momentum* entre a atmosfera e o mar. Em geral, os efeitos devidos unicamente à ação da pressão atmosférica são da ordem de 10% do efeito total observado, sendo o restante devido exclusivamente à tensão de cisalhamento do vento na superfície do mar.

O fator mais importante para a geração da maré meteorológica é a pista de vento “fetch”, que é o tamanho da área oceânica onde efetivamente ocorre a troca de *momentum* entre o ar e o mar.

A maré meteorológica é portanto, responsável pelo aumento ou diminuição do nível do mar em relação às marés astronômicas observadas num dado local.

4.3 Descrição do Litoral Norte

4.3.1 Dinâmica costeira

A atual formação da Planície Costeira do RS está diretamente associada à dinâmica vigente na região, sendo ela a principal responsável pelo desenvolvimento das praias arenosas e pelos processos erosivos e acrescionais que as mantêm em constante alteração, fato este que acarreta em uma série de problemas relacionados à ocupação e ao planejamento das áreas costeiras. Os principais processos envolvidos nessa dinâmica são: tipos de sedimentos, tipos de ondas, regime de marés, regime de ventos e correntes (Fig. 21).

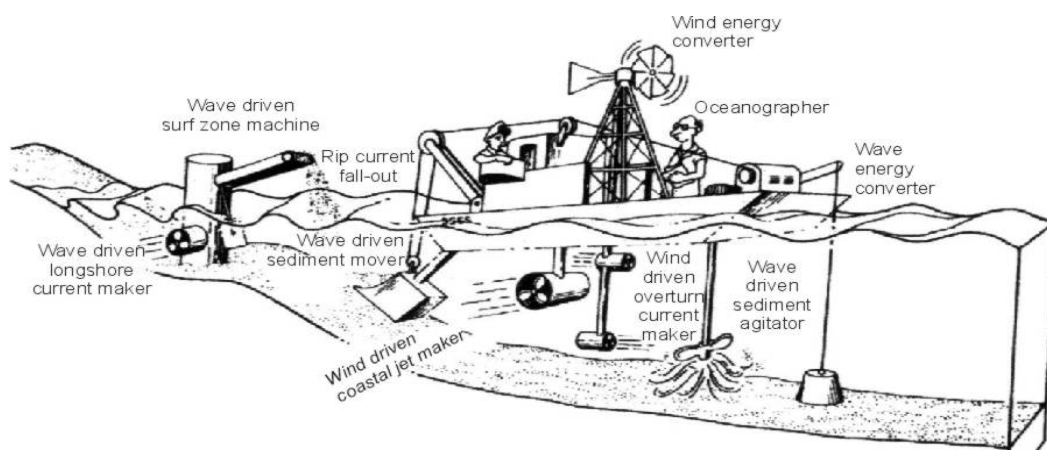


Figura 21. Esquema dos processos atuantes na dinâmica costeira.

4.3.2 Tipos de sedimentos

O Rio Grande do Sul apresenta uma linha de costa com 630 Km de extensão, disposta no sentido NE-SW. É uma costa arenosa composta principalmente por depósitos quaternário inconsolidados. A planície costeira do Rio Grande do Sul cobre uma vasta área de 33.000 km² constituída principalmente de depósitos arenosos (Villwock *et al.*, 1986, Toldo *et al.*, 1999). A continuidade da praia é interrompida por quatro estuários, os quais representam um embaçamento raso que recebe água doce e média concentração de sedimentos em suspensão, principalmente da Lagoa dos Patos.

O litoral norte do Rio Grande do Sul apresenta uma acentuada homogeneidade granulométrica com tamanho areia fina (0.125 mm) como mostra a (Fig. 22). Não apresenta variação significativa na concentração de carbonatos (valores entre 0,2 e 0,5%), exceto da região de Concheiros de Albardão. Apresentam uma concentração baixa de minerais pesados, ocorrendo a concentração de placeres na região de Bojuru.

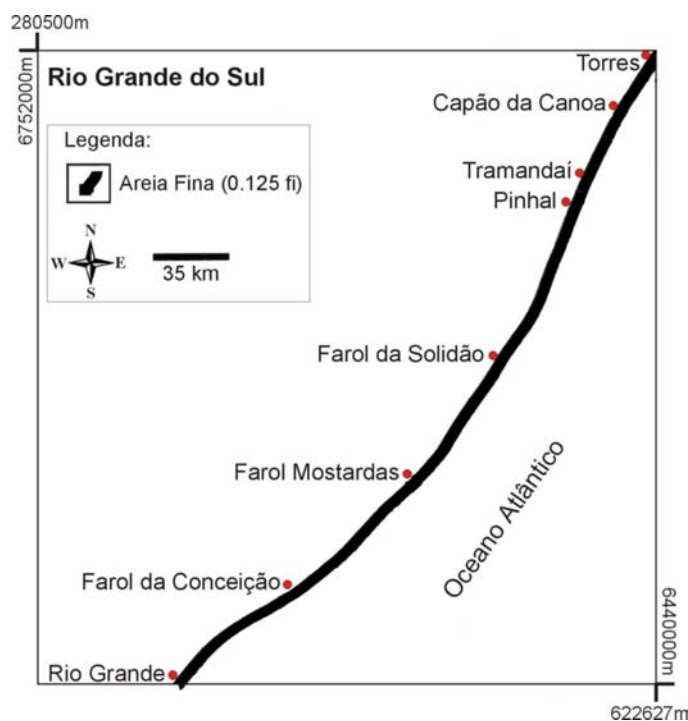


Figura 22. Mapa com a distribuição granulométrica dos sedimentos da linha de praia (Rechden F^o, 2000).

4.3.3 Tipos de ondas

Com o avanço da ciência as ondas passaram também a ser compreendidas quanto a sua dinâmica e importância dentro do complexo sistema que é a zona costeira. Esta importância é variável com o tipo de costa em que a onda incide e o tipo de onda que é gerada.

A costa do Rio Grande do Sul, por ser praticamente retilínea, sem qualquer tipo de reentrâncias e irregularidades maiores, está exposta diretamente à ação de três tipos de ondas:

* Ondulação (*Swell waves*): corresponde às ondas mais regulares, de período mais longo, de cristas mais arredondadas e que são geradas longe da região costeira. Sua direção predominante provém do quadrante SE, que associado à orientação da costa (SW-NE), faz com que a deriva litorânea de sedimentos se dê, de um modo geral, na direção NE.

* Vagas (*Sea waves*): são ondas que resultam da ação de ventos locais, fato este que implica na irregularidade deste tipo de onda, com períodos mais curtos. A direção dominante de incidência das vagas coincide com a do vento NE e E.

* Ondas de Tempestades (*Storm waves*): embora mais raras, são as de maior energia que atingem a região em estudo. Elas resultam da ação de fortes ventos associados a tempestades e causam impactos na costa, ocasionando intensos processos erosivos e grande movimentação de material sedimentar junto à praia. (Villwock & Tomazelli, 1995).

As ondas são consideradas agentes importantes na formação de correntes e estão relacionadas ao ângulo de incidência das mesmas. A compreensão do funcionamento da onda é fundamental para o entendimento da gama de fatores envolvidos neste trabalho.

Existem dois tipos de rebentação na costa do estado: deslizante e mergulhante.

Deslizante: conhecida pelos surfistas por “onda gorda”, as ondas quebram longe da praia, se diferenciando muito pouco do movimento do fluido sem rebentação,

e tendendo a serem menos efetivas no transporte de sedimentos. São associadas aos dias em que a praia apresenta declividade suave, como nos meses de verão.

Mergulhante: conhecida como “onda tubular” no jargão do surfe, é caracterizada pela crista da onda que se curva sobre si mesma, envolvendo uma bolsa de ar, na forma de um espiral (tubo), em um movimento violento. Este tipo de rebentação é bem mais competente na remobilização de material sedimentar, sendo associada a perfis praias mais acentuados, como nos meses de inverno (Fig. 23), (Toldo, *et al.* 1993).

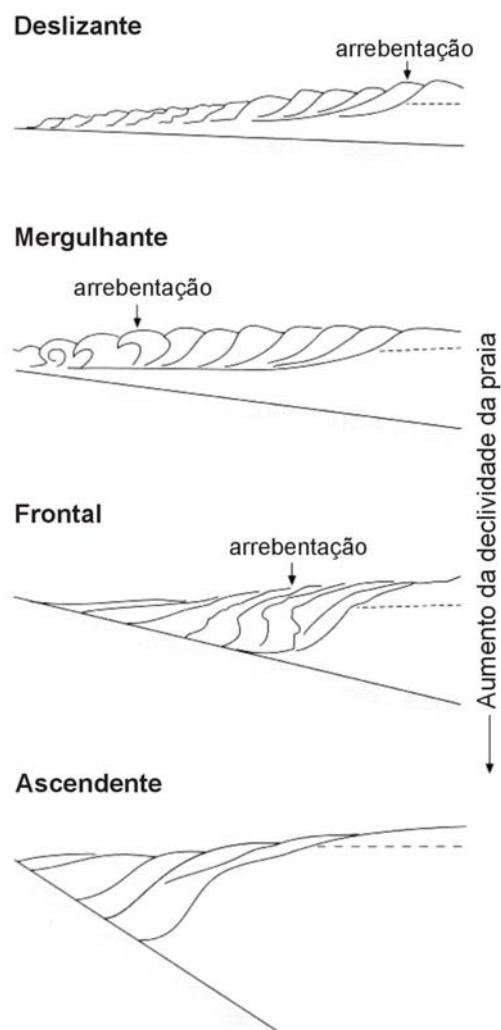


Figura 23. Tipos de rebentações (modificado de Wright & Short, 1984).

4.3.4 Regime dos ventos

O papel do vento como agente na elaboração da paisagem da planície costeira do Rio Grande do Sul é reconhecido por todos os pesquisadores que estudam essa região.

Tomazelli (1993), considera o vento (aliado às variações relativas do nível do mar) o principal agente responsável pelos processos geomorfológicos que ocorrem na área. Planos de gestão costeira e medidas administrativas não devem ser consideradas sem um conhecimento básico, porém amplo, da dinâmica da região.

Segundo Niedoroda et.all. (1984), o vento atua no oceano próximo à costa de três maneiras:

- A energia é transferida diretamente para as correntes superficiais atrás da interface ar - água.
- As correntes induzidas por ventos tendem a convergir para a costa e produzir um empilhamento de água no nível principal da água junto à praia.
- Ao contrário, correntes superficiais com uma componente dirigindo-se para o mar produz um rebaixamento da superfície principal do mar.

O vento dita as regras para a formação e migração das dunas, gera ondas locais e correntes marinhas que afetam a deriva de sedimentos e por conseqüência a configuração das praias, além de controlar a morfologia dos lagos e lagunas costeiras.

Tomazelli (1993), detalhou o regime de ventos para a costa gaúcha utilizando estações meteorológicas em Torres, Imbé e Rio Grande. Em Imbé (aproximadamente 26Km de Capão da Canoa) o autor diagnosticou a presença do vento NE em 41,4% das medições realizadas entre 1970 e 1982 (Fig. 24). Esse vento determina uma deriva resultante de areia com direção SW, o que concorda plenamente com a configuração morfológica e a migração geral do campo de dunas.

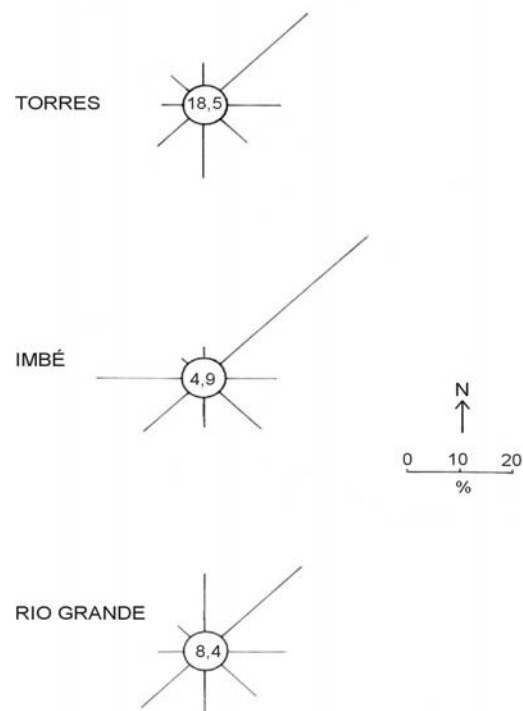


Figura 24. Direção preferencial do vento em três cidades litorâneas: Torres, Imbé (próximo a Tramandaí) e Rio Grande (Tomazelli, 1993), localizadas na Fig.22.

4.3.5 Correntes na zona de surfe (correntes litorâneas)

As correntes da zona de surfe são definidas como correntes geradas pela ação das ondas dentro e próximo da zona de arrebentação (Shepard & Inman, 1951), sendo quase exclusivamente relacionadas à dissipação de energia das ondas. Enquanto o transporte de massa está relacionado a ondas incidentes assimétricas e o regime de maré existe próximo à praia, tais regimes são geralmente de menor importância em termos de velocidade e capacidade de transporte de sedimento em comparação às correntes da zona de surfe.

O mecanismo básico para o desenvolvimento das correntes litorâneas é a incidência oblíqua, das ondas de rebentação, em relação à linha de praia, o que resulta em um fluxo, dentro da zona de surfe, paralelo à linha de praia, onde os valores de velocidade variam em magnitude, no tempo e no espaço, em decorrência de importantes parâmetros como: altura, período e ângulo de incidência da onda, velocidade e direção do vento, forma da linha de costa e da declividade da face praial.

A partir das medições das velocidades das correntes litorâneas na praia de Imbé (Toldo *et al.*, 1993) foi registrado o domínio das correntes com direções no sentido NE, em relação às direções no sentido SW e a velocidade média das correntes apresentou a média de 0,9 m/s.

As características consideradas essenciais da zona de surfe, são as correntes de retorno e os repuxos, ambos perpendiculares à praia, enquanto a deriva litorânea desenvolve-se predominantemente paralela à praia. Na realidade, fluxos paralelos e perpendiculares muitas vezes coexistem resultando num fluxo oblíquo à linha de praia, mas para o propósito conceitual e simplificação do modelo, uma distinção é geralmente feita entre os componentes paralelos e perpendiculares. Todos os três sistemas de correntes da zona de surfe estão relacionados aos componentes transversais e paralelos aos gradientes de tensão de irradiação (altura de onda) associados com as ondas. Isto também implica que quando as ondas não estão quebrando, estas correntes não são geradas. Entretanto, a inércia do fluxo e a mistura lateral permitem que as correntes da zona de surfe estendam-se a uma distância além desta zona.

Existem três tipos de correntes na zona de surfe:

Repuxo

O repuxo é um fluxo em direção ao mar aberto próximo ao fundo, que foi reconhecido faz algumas décadas (Johnson, 1919; Ivans, 1938; Bagnold, 1941). Esta corrente faz parte de uma circulação vertical segregada da água, a qual é direcionada para a praia na parte superior da coluna d'água, e direção ao mar aberto próxima ao fundo. Os repuxos foram mais ou menos negligenciados e sua existência e significância foi muito discutida (Shepard *et al.*, 1941), provavelmente porque muitos estudos de campo daquela época foram comprometidos a praias com fluxos horizontalmente segregados na forma de sistemas de corrente de circulação celular. Entretanto, mais recentemente, investigações quantitativas em praias dissipativas (Wright *et al.*, 1982 a; Sallenger, *et al.*, 1983) confirmaram a existência de repuxos.

Correntes de retorno

As correntes litorâneas seguem dois padrões principais que dependem da obliquidade da incidência das ondas com a praia (Muehe, 1995). Quando as ondas batem paralelamente à linha de costa desenvolve-se um padrão circular com as correntes de retorno que resultam em uma série de reentrâncias na linha de praia separadas pelos cúspides praias. As correntes de retorno, embora sejam correntes

com ocorrência localizada, também são importantes na morfodinâmica da zona costeira (Wright & Short, 1984), principalmente em praias dissipativas e intermediárias, como por exemplo, as praias do litoral Norte do Estado.

A circulação da zona de surfe é frequentemente dominada por fluxos segregados horizontalmente, diferente das correntes de repuxo as quais são segregadas verticalmente, em particular quando o gradiente ao longo da costa nas ondas de *set-up* ocorre (Bowen, 1969a), por exemplo em praias em estágio intermediário. Estes fluxos consistem em fortes e restritas correntes de retorno fluindo em direção ao mar por depressões topográficas nos bancos e um fluxo fraco em direção à praia no que diz respeito ao transporte de massa para fora da ação da corrente.

As correntes de retorno são relativamente fáceis de reconhecer visualmente pois geram uma turbulência na água devido à onda e à própria corrente se interagirem, gerando um buraco na linha de arrebentação, faixas mais escuras na água a medida que aumenta a profundidade e/ou manchas de espumas em direção ao mar aberto (Fig. 25 e 26). A corrente de retorno consiste em duas correntes de alimentação convergentes, a parte mais estreita, o pescoço, que ocupa o canal da corrente de retorno através do banco, e a parte mais larga, a cabeça. A maior velocidade está relacionada com a parte mais estreita enquanto o fluxo diminui em direção a parte mais larga (cabeça).

Devido a seu grande potencial na velocidade de fluxo d'água (Tab. 8), as correntes de retorno tem um papel importante no transporte de sedimento para longe da praia, estando diretamente relacionada à erosão costeira. As correntes apresentam um risco para os frequentadores das praias, como banhistas, nadadores e surfistas, podendo levar o indivíduo para longe da costa (Shepard *et al.*, 1941; Short e Hogan, 1994).

Tabela 8. Velocidade de fluxo d'água.

Condições de energia de praia	Velocidade da corrente de retorno (m/s)
Alta	1-2 m/s
Moderada/baixa	0,5 m/s

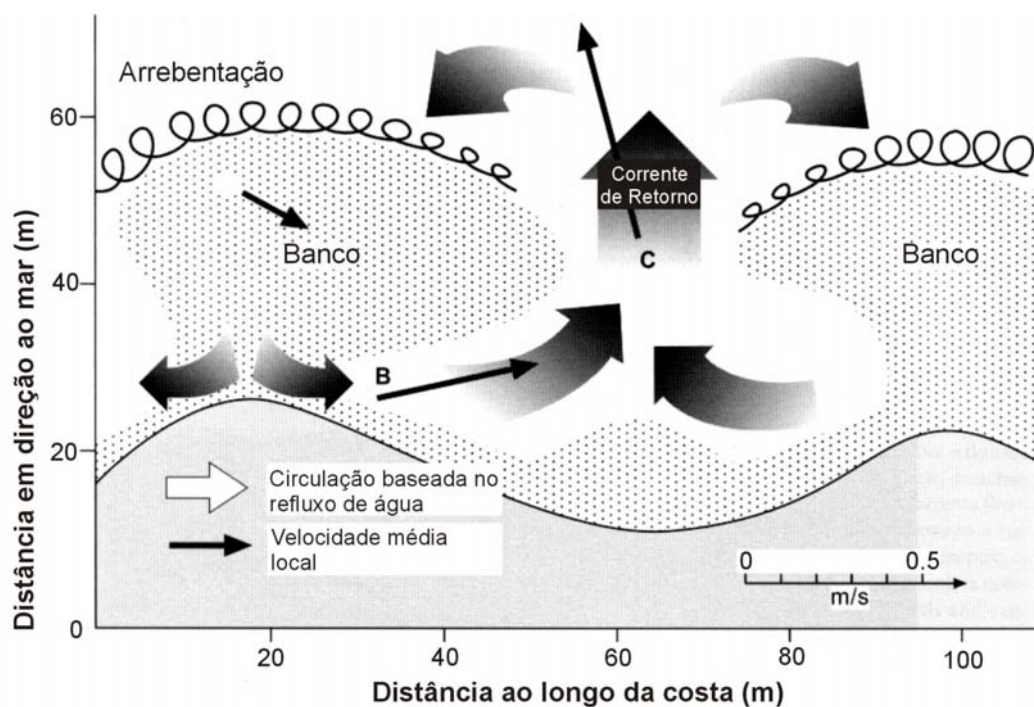


Figura 25. Representação dos tipos de correntes de retorno e correntes longitudinais situadas na zona de surf (Wright & Short, 1984).



Figura 26. Vista aérea da corrente de retorno (Wright & Short, 1984).

Deriva litorânea

A deriva litorânea é uma corrente contínua e com fluxo paralelo à costa contida na zona de surf. Essas correntes que podem chegar a exceder velocidades superiores 1,5 m/s, são agentes poderosos no transporte de sedimentos e estão associadas com problemas a longo prazo de erosão costeira. Uma teoria satisfatória capaz de prognosticar as velocidades da deriva litorânea e sua distribuição da velocidade horizontal nunca tinha sido relatada até Bowen (1969 a) e Longuet-Higgins

(1970 a,b) investigarem a regra do componente de radiação de tensão das mesmas. Quando as ondas incidem obliquamente na praia, existirá um fluxo em direção a linha de praia proveniente da radiação da tensão da deriva.

A deriva litorânea não depende somente da incidência das ondas mas também do vento e marés. Na maré alta, a deriva litorânea cresce quando a altura de onda cresce (Thornton & Kim, 1993). Além disso, as correntes de maré podem modular a deriva litorânea. Os efeitos causados pelo vento foram desconsiderados por muito tempo, provavelmente devido a maioria dos campos de estudo da deriva litorânea serem conduzido em praias oceânicas dominadas por *swell*. Entretanto, Nummedal & Finley (1978) e Whitford & Thornton (1993) demonstraram que sobre condições de fortes ventos ao longo da costa, a ação do vento na deriva litorânea poderia ser significativa, particularmente em praias com declividade suave, como é o caso do litoral norte do estado.

Longuet-Higgins (1970), propõe a seguinte equação para o cálculo de valores de velocidade média da corrente litorânea:

$$V = 1.19 (g.Hb)^{1/2} \sin \alpha \cos \alpha$$

a qual foi mudada pelo Shore Protection Manual para:

$$V = 20,7 \text{ m} (g.Hb)^{1/2} \sin^2 \alpha$$

onde, V corresponde à velocidade da corrente, e α equivale ao ângulo entre a linha de rebentação e a linha de praia. A velocidade da corrente, dada pela equação acima, corresponde aproximadamente à porção intermediária da zona de surfe, as quais variam usualmente entre 0,3 e 1 m/s.

A relação entre as velocidades das correntes litorânea medidas no campo e calculadas através da equação acima, tem um elevado coeficiente de correlação (0,925) com pequeno desvio padrão (0,134) (Fig. 27).

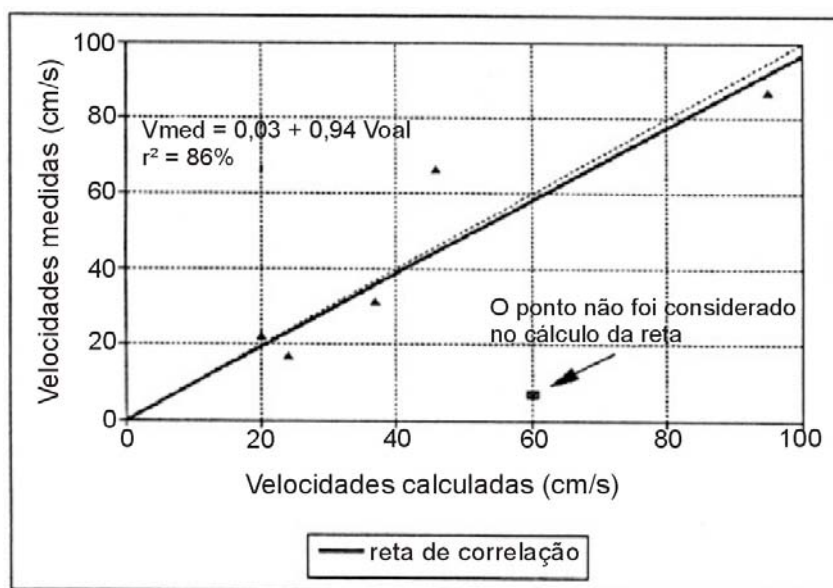


Figura 27. Gráfico de correlação entre as velocidades das correntes litorâneas medidas na praia (eixo Y) e as velocidades obtidas através da equação proposta por Longuet-Higgins (1970), (eixo X) (Toldo *et al.* 1993).

4.3.6 Parâmetros morfodinâmicos

Segundo Motta (1969), as ondas incidentes no litoral do Rio Grande do Sul têm duas direções predominantes, NE e SE. As primeiras constituem vagas, originadas pelo vento local com direção NE, sendo este o mais freqüente da região. As ondas de SE, geradas por ação do Anticiclone Móvel Polar, ao largo da costa, têm maior período, altura e energia, e conseqüentemente maior capacidade de transporte de sedimentos.

Para exame das características relacionadas a morfodinâmica praias, foram realizados 09 nivelamentos topográficos (Fig.28) e coletas de dados físicos entre 18/05/89 e 21/04/90. Para tanto, junto à praia de Imbé, foi estabelecido o perfil praias P53 distante 1090 m a nordeste do canal lagunar (Toldo *et al.* 1993). O perfil praias P53 localiza-se entre o pós-praias e a zona de surfe intermediária (base das dunas até a profundidade de 1,5 m).

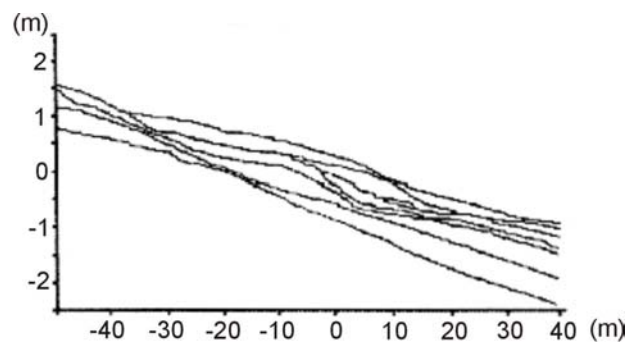


Figura 28. Mobilidade dos nove perfis praias, entre 18/05/89 e 21/04/90 (Toldo et.al. 1993).

Em cada nivelamento topográfico, junto ao perfil P53, coletou-se amostra de sedimentos junto à linha de praia (estirâncio), as quais foram analisadas em laboratório segundo a metodologia descrita por Martins et al. (1978) e processados segundo Toldo & Medeiros (1986). Os valores do tamanho médio (mz) para cada amostra de sedimentos encontram-se na Tabela 9.

Para cálculo de volume de sedimentos e declividade dos perfis praias, nos diferentes períodos de observação, estabeleceu-se um comprimento de 92 m e largura de 1 m e o uso do trenó (Fig. 29), que auxilia na descrição e caracterização das praias na zona de surfe. O trenó é usado em conjunto com dois teodolitos, que através da triangulação feita entre estes equipamentos é possível calcular a profundidade dos bancos e das cavas ao longo da zona de surf (Fig. 30 e 31).

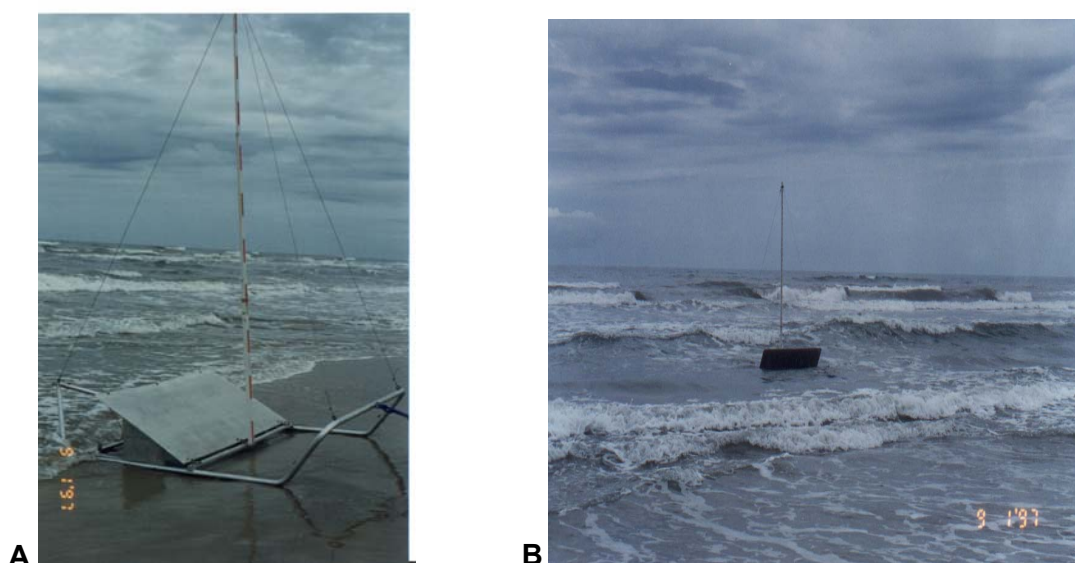


Figura 29. Trenó utilizado por Almeida *et al.* (1999b) visto em detalhe (A) e efetuando perfis na zona de surfe no litoral norte (B). Tais perfis definiram um sistema de barra

proximal, típico de praias dissipativas e que foram usados em complemento aos perfis de antepraia.

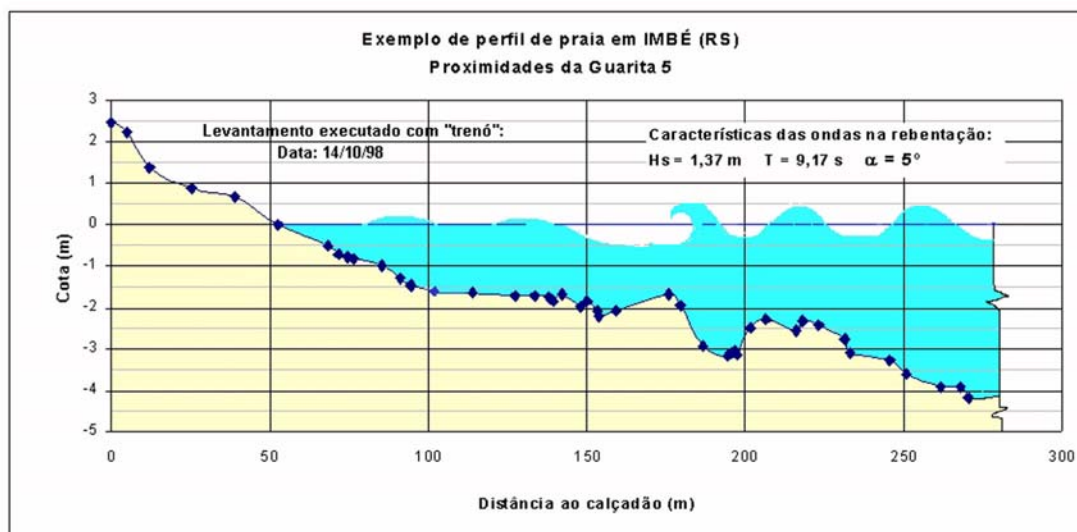


Figura 30. Perfil praiado indicando a localização, a profundidade e a distância do Canal a partir da linha d'água (Almeida, 1999).

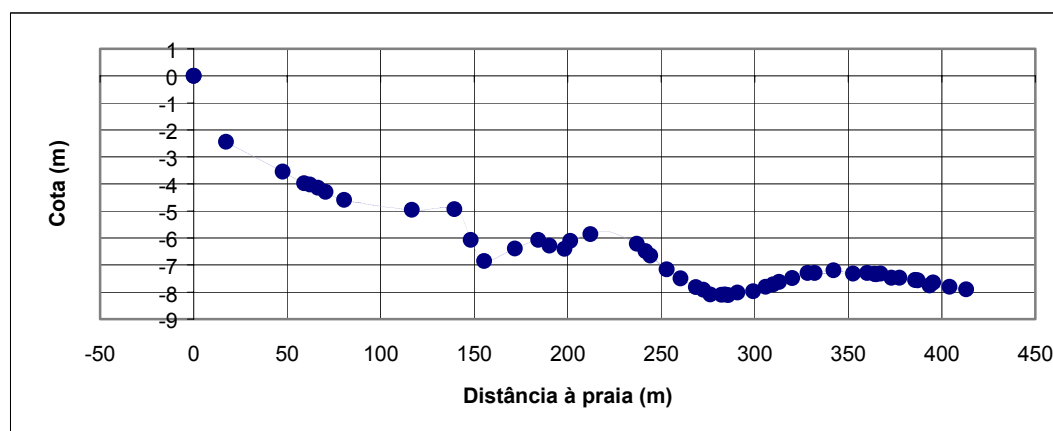


Figura 31. Perfil praiado feito com o uso do trenó (Almeida, 1999).

Simultaneamente aos levantamentos topográficos e coletas de sedimentos, registrou-se: (1) dados sobre a direção e velocidade dos ventos no instante da execução do perfil praiado obtidos com anemômetro, instalado a 2,0 m de altura, (2) dados sobre a direção e velocidade da corrente litorânea, através da medida de deslocamento da mancha de fluorocéina na zona de surfe, próximo à linha de praia, (3) dados físicos sobre ângulo de incidência (α) altura significativa (H_b) junto à rebentação, período (T) das ondas, com o uso de régua e nível, segundo metodologia descrita por Bascom (1964) e Lanfredi & Framinan (1986). Esses dados, coletados e analisados estatisticamente, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 9. Parâmetros morfodinâmicos do perfil praias P53.

DATA	Mz	VOL L	m	VENTO		CORRENTE		ONDA			ϵ	db	βb	v
				O	v	d	v	α	Hb	T				
18/05/89	2,29	215	1/37	E	3	NE	0,22	3	1,19	12,3	22	1,24	0,030	0,20
28/06/89	2,13	227	1/33	W	1	NE	0,31	5	1,19	6,6	59	1,26	0,092	0,37
31/07/89	2,33	188	1/33	W	7	NE			1,93	11,1	34	1,99	0,051	
27/09/89	2,38	200	1/32	S	7	NE	0,66	5	1,76	10,1	35	1,81	0,056	0,46
17/10/89	2,19	260	1/30	S	2	NE	0,17	3	1,21	8,9	27	1,23	0,045	0,24
10/11/89	2,32	199	1/31	E	4	NE	0,87	10	1,79	7,9	55	1,88	0,088	0,95
27/12/89	2,19	242	1/49	E	4	SW	0,07	10	1,38	7,9	107	1,55	0,108	0,60
09/02/90	2,12	250	1/46	NE	2	NE		5	1,44	9,7	101	1,56	0,072	
21/04/90	2,21	227	1/36	NE	1	SW		5	1,80	10,9	39	1,91	0,056	

Nota: Mz (ϕ) = tamanho médio do sedimento; VOL (m^3) = volume de sedimentos junto ao perfil praias; m = declividade do perfil praias; VENTO/CORRENTE/d/v = direção (d) e velocidade (v) (m/s) do vento (VENTO) e da corrente litorânea (CORRENTE) medidas no campo; ONDA/ α / Hb/ T = ângulo de incidência ($^\circ$), altura significativa na rebentação (m) e período da onda (s); ϵ = "surf scaling parameter" (equação 1); db (m) = profundidade no local de rebentação.

4.3.7 Perigos da praia

Existem três tipos de periculosidade nas praias, os quais estão associados à profundidade da lâmina d'água, ao tipo de arrebatamento e às correntes na zona de surfe.

Baseado nos estudos de Wright & Short (1984), as praias do tipo dissipativa à intermediária (estágios existentes no litoral norte do estado) apresentam perigos típicos que serão apresentados a seguir:

- Praia do tipo dissipativa:

São as praias que apresentam o maior perigo à população devido à grande frequência de ondas grandes (> 2,5 m) necessárias para a sua formação com uma extensa zona de surfe e fortes correntes à *on-offshore*. As ondas quebram a mar aberto na região posterior ao banco e ao canal. Sendo assim, os bancos e buracos internos ocupam a zona de surfe. Enquanto as correntes apresentam predominantemente baixa frequência *on-offshore*, a circulação das correntes de retorno encontra-se, mais provavelmente, na zona de surfe interna. Felizmente, a forte ação das ondas (> 2 m) e a extensa zona de surfe tendem a manter muitos banhistas próximos à linha de praia diminuindo, assim, o número de afogamentos.

- Praia do tipo intermediária com terraços de maré baixa:

Dentre as praias do tipo intermediária são as mais seguras devido à presença de ondas de aproximadamente 1 m e terraços rasos associados a este estágio morfodinâmico. Entretanto, com a mudança de onda e maré apresentam riscos. A maré alta comporta-se como uma praia do tipo reflectiva, com a possibilidade de apresentar um ângulo de mergulho acentuado e grandes profundidades próximo à linha de praia. Na maré baixa, as ondas do tipo mergulhante são mais fortes fora da zona dos bancos rasos e com águas profundas ao seu redor. Enquanto que na maré intermediária, ondas com menor energia podem induzir a correntes de retorno de fraca à moderada. Pelo fato de os canais de corrente serem muito pouco desenvolvidos ou ausentes nestes tipos de praia, ondas crescentes e/ou oblíquas podem induzir espacialmente e temporariamente pulsos variáveis de corrente.

4.3.8 Taxa de risco de praia (TRP)

O TRP é o nível de periculosidade associado ao tipo particular de cada praia sobre as condições predominantes de ondas. Por isso, para qualquer tipo de praia onde as condições de onda mudam, mudará também a taxa de periculosidade, como pode ser visto na figura 32. Todos os tipos de praia possuem uma taxa, sobre condições de ondas pequenas que pode variar de baixa à média e apresentar uma periculosidade extrema quando as ondas excederem os 3 m.

GUIA DE PERICULOSIDADE DE PRAIA									
Praias dominadas por ondas									
Impacto de mudanças na altura de quebra da onda em relação a sua periculosidade para cada tipo de praia									
TIPO DE PRAIA \ ALTURA DA ONDA	<0.5 (m)	0.5 (m)	1.0 (m)	1.5 (m)	2.0 (m)	2.5 (m)	3.0 (m)	>3.0 (m)	
Dissipativa	4	5	6	7	8	9	10	10	
Banco e cava longitudinal	4	5	6	7	7	8	9	10	
Banco e praia rítmicos	4	5	6	6	7	8	9	10	
Banco transversal e correntes de retorno	4	4	5	6	7	8	9	10	
Terraço de maré baixa	3	3	4	5	6	7	8	10	
Reflectiva	2	3	4	5	6	7	8	10	
TAXA DE PERICULOSIDADE DA PRAIA									
Periculosidade Baixa: 1 - 3									
Periculosidade Moderada: 4 - 6									
Periculosidade Alta: 7 - 8									
Extremamente perigosa: 9 - 10									

NOTA: Todos os níveis de periculosidade estão baseados na zona de balneabilidade contida na zona de surfe e crescerá com o aumento do tamanho da onda ou com a presença de estruturas, tais como boca de rios, promontórios ou recifes que induzem as correntes e repuxos. As correntes de retorno se tornam mais fortes na maré baixa.

Figura 32. Taxa de periculosidade associada ao estágio morfodinâmico da praia (modificado de Wright & Short, 1984).

4.3.9 Projeto Segurança de Praia

As estatísticas crescentes de afogamentos no litoral gaúcho revelam que os veranistas, por falta de conhecimento, não lidam adequadamente com nossa dinâmica praial.

Reconhecendo o problema, a Organização Não Governamental EcoSurfers, entidade sem fins lucrativos, e o Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CECO – IG – UFRGS), estabeleceram uma parceria para desenvolver uma grande campanha de mobilização social, de cunho educacional, direcionada para os turistas e moradores dos municípios que integram o litoral, que pretende reduzir significativamente o número de acidentes e mortes por afogamento nas praias gaúchas: o Projeto Segurança de Praia.

Atingindo pessoas de todos os níveis de renda e escolaridade, desde o morador do litoral até o turista que se dirige à praia, o Projeto Segurança de Praia tem o objetivo de reduzir o índice de mortes e acidentes no mar, ensinando de maneira simples como funciona nossa dinâmica praial (ondas e correntes costeiras).

O Projeto terá duração de 02 (dois) anos, e será implementado através da distribuição de folders e cartazes educativos no litoral norte do Estado. O texto e ilustração têm por objetivo instruir o banhista sobre os aspectos morfodinâmicos das praias dissipativas, os quais representam o estado modal das praias do litoral norte do Rio Grande do Sul.

4.4 Resultados e discussões

A partir dos perfis observados na praia de Imbé, Rio Grande do Sul, entre 18/05/89 e 21/04/90, foi possível examinar os aspectos morfodinâmicos desta praia, a qual apresentou-se como intermediária e dissipativa, em decorrência das seguintes características: São praias constituídas por areia fina, exibem baixos gradientes (m entre 1/30 e 1/49), são praias extensas e caracterizadas por ondas com H_b entre 1,93 e 1,19 m, T entre 6,6 e 12,3 s, ϵ maior que 22, apresentaram rebentações do tipo deslizante e mergulhante (β_b maiores que 0,030), as quais dissipam-se progressivamente, através da extensa zona de surfe, até alcançar a face praial com alturas bastante reduzidas.

Os parâmetros morfodinâmicos observados na praia de Imbé mostraram relação direta com a variabilidade das ondas, e, principalmente com as características morfológicas da praia e plataforma interna.

Os resultados das medições das velocidades das correntes litorâneas mostraram-se coerentes com as velocidades calculadas a partir do ângulo de incidência e altura da onda na rebentação bem como indicaram um nítido domínio das correntes com direções no sentido NE, com relação às direções no sentido SW.

Baseado nos parâmetros morfodinâmicos da praia de Imbé, não muito diferente do restante das praias do litoral norte do estado, obtivemos como resultado a elaboração de um folheto explicativo e ilustrativo que tem como objetivo ensinar de forma leiga informações sobre os limites de segurança de praia para diminuir o número de afogamentos do nosso litoral (ver Anexo A).

4.5 Diagnóstico de Capão da Canoa

4.5.1 Projeto segurança de praia em Capão da Canoa

Como em todo Litoral Norte do Rio Grande do Sul o Município de Capão da Canoa possui o projeto chamado Operação Golfinho. Este trabalho tem como objetivo patrulhar a zona costeira do estado. Nele insere-se o controle da periculosidade do mar com bandeiras sinalizadoras, patrulhamento do pós-praia e segurança do banhista. A nível de salvamento, no último verão sob o comando do tenente coronel Joel Prates Pedroso, à Operação Golfinho da Brigada Militar (BM) realizou 1557 resgates com apenas dois óbitos (Site: www.estado.rs.gov.br).

4.6 Nota atribuída ao indicador

Como o município de Capão da Canoa apresentou apenas 1 dos 6 critérios analisados em um programa de Limites de Segurança de Praia Oceânica (Tab. 10) a nota atribuída para este indicador foi 0,05.

Tabela 10. Resultado da análise dos sub indicadores do Limite de Segurança de Praia.

Segurança de Praia	Classificação morfodinâmica da praia		Pesos	Resultados
	Notas			
Aplicação do perfil de equilíbrio (Dean)	não aplica 0	aplica 1	0,4	0
Uso do trenó para cálculo da declividade do perfil praial	não usa 0	usa 1	0,15	0
Bandeiras sinalizadoras de correntes de retorno	não existe 0	existe 1	0,05	0
Bandeiras sinalizadoras da periculosidade do mar	não existe 0	existe 1	0,05	0,05
Folders ilustrativos e explicativos	não existe 0	existe 1	0,3	0
Placas sinalizadoras e informativas	não existe 0	existe 1	0,05	0
			$\Sigma=1$	$\Sigma=$
				0,05

5. INDICADOR II - PLANO DE MANEJO DE DUNAS

5.1 Introdução

As dunas são feições naturais presentes na maioria das praias arenosas do mundo. A sua formação deve-se principalmente à interação do mar, vento, areia e vegetação.

Por ser considerada uma das feições naturais mais importante de proteção da zona costeira, as dunas devem ter um cuidado especial no que diz respeito a sua preservação. Entretanto, junto ao crescimento populacional das últimas décadas, ao longo da planície costeira, as dunas sofreram e sofrem degradações contínuas, tais como, a retirada de areia para construção civil, pisoteio, contaminação da areia pela descarga dos esgotos pluviais, desenvolvimento urbano mal planejado entre outros. Por estes motivos se faz necessário criar um plano de manejo de dunas para minimizar a degradação desse ecossistema.

5.2 Conceitos Básicos

5.2.1 Classificação das dunas

Existem na literatura classificações sobre as feições eólicas costeiras (Bagnold, 1941; Bigarella *et al* 1971; Short & Hesp, 1982; Goldsmith, 1985; Arens & Wieresma, 1994; Tomazelli, 1994). Entretanto para este trabalho optou-se pela classificação apresentada por Tomazelli, 1994 (Tab. 11).

Tabela 11. Classificação das principais feições eólicas da Planície do Rio Grande do Sul (Tomazelli, 1994)

Dunas Vegetadas	Dunas Embrionárias
	Dunas Frontais
	Dunas do Tipo <i>Nebka</i>
Dunas Livres	Barcanas
	Cadeias Barcanóides
	Dunas Transversais
Lençóis de Areia	
Feições Associadas à Deflação Eólica	Bacias de Deflação - <i>Blow out</i>

NOTA - O quadro proposto pelo autor foi construído a partir das diversas classificações já existentes, mesclando critérios genéticos e descritivos

Dunas Vegetadas

Segundo Tomazelli (1994), as dunas vegetadas são o resultado da interação entre a carga disponível na praia, a qual é carregada pelo vento em direção ao continente e a atuação de obstáculos no transporte eólico relacionados a vegetação costeira. Muitas vezes, estas dunas, em função da densa cobertura vegetal, tornam-se fixas. Tais dunas podem ser subdivididas em três tipos: dunas embrionárias, frontais e do tipo *nebka*.

As dunas embrionárias estão presentes no pós-praia, na base das dunas frontais e formam-se devido a presença da vegetação que retêm a areia transportada pelo vento. Estas dunas têm um papel importante como barreira natural contra a ação de eventos episódicos de tempestade. Portanto a presença da vegetação fixadora é um aspecto importante no que diz respeito à preservação das dunas costeiras.

As dunas frontais são o primeiro cordão de areia situado em frente à praia e orientado paralelamente a linha de costa. Muitas vezes, as marés meteorológicas atingem estas dunas, retirando parte da carga arenosa e fragilizando a vegetação, por meio de abrasão, fragmentando-as e causando alta mortalidade de folhas, possibilitando uma maior facilidade na movimentação de areia e uma elevação na duna (Bernardi *et al.* 1987). Segundo estes autores, o processo de erosão ou retirada de areia por ação de marés meteorológicas, erodindo parte da face da duna, ocasionará temporariamente uma modificação no perfil de estabilidade da mesma.

O volume de areia transportado durante as tempestades é exposto na praia e parte volta ao seu local de origem pela ação dos ventos. Deve-se ressaltar que, em locais onde não ocorrem dunas frontais, seja pela destruição da cobertura vegetal seja pela retirada de areia por ação natural ou antrópica, as ondas de tempestade vêm causando inúmeras destruições de casas, ruas, calçamentos etc. Estes efeitos catastróficos causam um gasto expressivo no orçamento das prefeituras municipais.

Numa síntese organizada com base em vários autores, Ângulo (1993) descreve as variáveis condicionantes da formação das dunas frontais, como segue abaixo:

- a - Tipo de sedimento da área-fonte (praia), principalmente o tamanho das partículas e a seleção;
- b - Suprimento de sedimento proveniente da área fonte que depende do regime de ondas e marés, morfologia da costa, gradiente da plataforma, variações relativas do nível do mar, composição da plataforma e do aporte fluvial;
- c - Regime de vento, principalmente velocidade, direção e frequência;
- d - Regime de precipitações;
- e - Tipo de vegetação;
- f - Morfologia da praia, topografia e largura.

Dunas do tipo *Nebka* ou *Hummock dunes* encontram-se sob formato de pequenos montes de areia com tufos de vegetação no topo, espalham-se ao longo dos primeiros 500 m do campo de dunas.

Dunas Livres

Baseado na classificação de Tomazelli (1990) foram identificadas, na planície costeira do Rio Grande do Sul, dunas do tipo: barcanas, transversais e cadeias barcanóides, as quais se caracterizam por não apresentarem vegetação e serem móveis. As variações direcionais impostas pelo regime de ventos e disponibilidade de areia da área fonte, são as principais responsáveis por modificações morfológicas no campo de dunas livres.

O aporte de areia, durante a primavera-verão, quando coincide com um período de seca, acelera o desenvolvimento e a migração deste tipo de dunas. Na estação de chuvas (meses de inverno) quando ocorre uma maior precipitação e redução na quantidade de areia disponível, a morfologia das dunas é suavizada pela presença do lençol freático mais raso e pelo desaparecimento de dunas menores, ocorrendo uma redução na velocidade de migração das dunas.

Lençóis de Areia

Os lençóis de areia são o resultado de acumulações de areia transportada pelo vento e depositada sem que ocorra a formação de dunas. Esses mantos de areia não apresentam feições morfológicas como crista ou face de deslizamento. Sua formação pode se dar próxima às margens do campo de dunas livres, junto aos corpos

lagunares, onde muitas vezes observa-se uma tendência de dissipação das dunas com a formação de lençóis arenosos.

Bigarella *et al.* (1965) propôs a gênese dos lençóis de areia associada ao processo de dissipação. O autor estabelece que este processo ocorre em função de mudanças climáticas (do úmido para o semi-árido), provocando a diminuição da cobertura vegetal e favorecendo, sob o efeito de chuvas concentradas, o colapso ou a dissipação de dunas, restando apenas um perfil ondulado, morfologicamente indefinido.

Feições Associadas à Deflação Eólica

As feições de deflação eólica são as bacias de deflação *blow out*. As bacias de deflação são encontradas atrás das dunas frontais e são originárias do retrabalhamento da areia pelo vento. Essas feições servem de corredor de alimentação de areia para o campo de dunas livres. Na maioria das vezes este processo é natural, mas pode ser criado decorrente da ação antrópica com a retirada da cobertura vegetal das dunas e da criação de canais de despejo de esgotos pluviais no pós-praia.

5.2.2 Legislação, fiscalização e normatização

Sob a luz da Legislação Federal, o espaço compreendido por praias e dunas é uma área de preservação permanente, de uso comum do povo, vedada a sua apropriação, ocupação e descaracterização – Lei n. 7661/88 art. 10 do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Sendo bens pertencentes à União, são passíveis de proteção pelos meios jurídicos através de ação popular ou ação civil pública – Constituição Federal de 1988 art. 225. No entanto, a falta de fiscalização e de informação à população, não faz valer este direito, constitucional em defesa da sua qualidade de vida (Cavedon e Diehl, 2000). A situação torna-se ainda mais dramática pelo fato dos administradores públicos litorâneos serem muitas vezes coniventes com a depredação, por desconhecerem a função de proteção das dunas. Por este motivo faz-se necessário na implantação do Programa de Manejo de Dunas, a inclusão de programas de educação ambiental em todos os níveis e campanhas publicitárias explicativas à população conjugadas a ações de vigilância ambiental.

Ao considerarmos a Legislação Estadual, constata-se também a sua responsabilidade em desenvolver ações permanentes de proteção, restauração e

fiscalização, incumbindo-lhe promover o gerenciamento costeiro. Portanto, o estado deve dar suporte técnico aos municípios costeiros para estes desenvolverem o meso-micro zoneamento (Lei Orgânica do Estado do RS, 2000). Juntamente com os segmentos sócio-econômicos do município, e por extensão empreender programas de proteção e estabilização de dunas frontais.

Nos Estados Unidos vários programas de manejo (Makenna *et. al* 1993, Hamilton *et. al* 1995 e Marra, 1993), envolvem uma constante e estreita coordenação entre o Estado e as Instituições Locais. Na costa do Golfo do Texas, a estatal General Land Office formulou as normas de gestão costeira para fins de proteção do sistema praia-duna e regulamentou o acesso e o uso das praias. Em síntese, destacam os principais critérios para que os municípios costeiros elaborem seus próprios planos de proteção de dunas e preparem os acessos à praia. O papel do estado é revisar os planos, estes estando de acordo com as normas, permitir a execução e prestar assistência técnica. outros programas situados na costa da Flórida e na costa Oeste preconiza a execução de planos de metas mult institucionais e de conscientização da população.

5.3 Descrição do Litoral Norte

5.3.1 O plano de manejo

As praias do litoral Norte do Rio Grande do Sul são extensas e retilíneas, com orientação preferencial em NE-SW (Fig. 33), e constituídas por sedimentos arenosos de tamanho fino, unimodal, com amplo predomínio da constituição quartzosa (Martins, 1967; Tomazelli & Willwock, 1992) e (Martins *et al.* 2002). As dunas frontais são feições maiores que se destacam dentro de uma topografia de praia suave, formada por um pós-praia e uma zona de surfe larga e de baixo gradiente, com grandes estoques de sedimentos subaquosos. Toldo Jr. *et al.* (1993), Classifica a praia de Imbé – Litoral Norte num estado morfodinâmico dissipativo-intermediário e com baixa variabilidade temporal. Weschenfelder *et al.* (1997), com base na análise de parâmetros morfométricos do perfil praial, observou a existência de erosão (inverno) e deposição (verão).

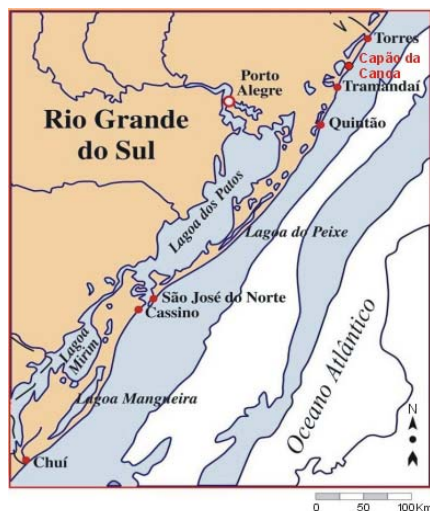


Figura 33. Orientação preferencial da costa do Rio Grande do Sul (NE-SW).

A linha de costa apresenta várias defesas naturais contra as ondas, que incluem o fundo da antepraia, os bancos arenosos na zona de surfe, por onde as ondas dissipam a sua energia, a praia subaérea e as dunas frontais. As dunas são as últimas defesas naturais da costa. Elas restringem a intrusão das ondas, dos ventos, do borrifo marinho e das areias para o interior do continente, além disso, atuam como um reservatório para suprir areia à praia durante as tempestades (Soil Conservation Service, 1986; U.S. Army Corps of Engineers, 1984). A preservação das dunas marca também a transição entre os ambientes marinhos e terrestre.

Além dos agentes naturais de risco, os frágeis ambientes costeiros requerem práticas de gerenciamento, a fim de minimizar os conflitos de uso existentes na ocupação do espaço. O desafio do planejamento do litoral Norte do Rio Grande do Sul é conciliar o desenvolvimento do turismo e sua infra-estrutura associada, à necessidade de conservação dos recursos naturais. Este enfoque aproxima-se da estratégia de Gerenciamento Integrado da Zona Costeira- GIZC, preconizada por Clark (1996) , ao permitir que se incorpore ao manejo dos recursos naturais a conservação da biodiversidade, maximização dos benefícios econômicos e proteção da vida e das propriedades dos perigos naturais (tais como o ciclone extra tropical).

O vento NE por ser o processo mais ativo na planície costeira, é o principal agente modelador da sua paisagem (Delaney 1965, Tomazelli 1993). Tomazelli (*op. cit.*) relacionou o regime de ventos atuantes na região, com a taxa de migração de dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul. Durante os meses de primavera-verão, quando os ventos do quadrante NE aumentam em frequência e velocidade, observou

um grande incremento no potencial de deriva das areias transgressivas para o interior do continente. Para Tabajara *et al.* (2000), o maior crescimento das dunas frontais, durante o verão, deve-se a conjugação de três fatores: a) aumento do suprimento de areia devido ao regime de ondas de mais baixa energia; b) alargamento e aumento do volume de areia depositada no pós-praia, e, c) ventos de NE soprando a velocidade maiores de 5m/s, velocidade crítica para iniciar o movimento das areias pelo vento, Tomazelli (1993).

Conforme o Soil Conservation Service (1990) o manejo de dunas baseia-se nas seguintes estratégias: 1) a conservação do sistema de dunas existentes, concedendo uma zona tampão entre as propriedades privadas e as áreas ativas de praia, 2) recuperação das dunas degradadas e 3) controle das atividades recreativas.

5.3.1.1 Metodologia

O programa manejo de dunas pode ser definido em três etapas:

A) Atividades de diagnóstico e mapeamento:

Faz-se o recobrimento aerofotográfico vertical com uso de Fotografias Aéreas de Pequeno Formato (FAPEFs), obtidas com câmara não métrica (35 mm), conforme Disperati (1991). As aerofotos coloridas são ampliadas até a escala aproximada de 1:1.800, escaneadas individualmente, sobrepostas no software Adobe ilustrator para criação do mosaico fotográfico.

Para georeferenciar espacialmente o mosaico fotográfico à sua posição conhecida no terreno, se utiliza a técnica da reamostragem. Eastman (1997), considera duas questões críticas para o sucesso deste processo: A obtenção de uma boa distribuição dos pontos de controle e a precisão de posicionamento. A localização dos pontos de controle no campo, segue as considerações de Eastman (*op cit.*), e é realizada utilizando um GPS (Global Position System). Após a imagem ser processada no software Idrisi 2.0, a resolução espacial resultante pode ser de um metro, obtida através da técnica da interpolação bilinear, onde a média ponderada das distâncias entre as quatro células antigas mais próximas, é atribuída como o valor da nova célula.

Esta imagem pode servir como uma fonte de informações valiosas para a continuação do projeto, pois além de delimitar as dunas frontais facilitando a marcação de áreas críticas, permite a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs)

em gerenciamento de banco de dados, análise estatística, apoio a decisão e análise geográfica.

B) Atividades de recuperação das dunas frontais:

Antes de se implementar qualquer programa de manejo ou reabilitação de dunas, certas informações devem ser levantadas, a fim de apropriar os métodos e selecionar as técnicas possíveis de resolver os problemas existentes em toda a área de duna (Soil Conservation Service, 1990). Esta investigação e planificação devem responder algumas questões, tais como, causas de erosão, uso desejado da terra, início dos trabalhos, suporte financeiro disponível, disponibilidade e quantidade de mão de obra, máquinas necessárias para execução dos trabalhos, manutenção, nível de consciência da população e envolvimento da comunidade local.

Para o Soil Conservation Service (1986 e 1990) a reforma de dunas deve envolver o preenchimento, a estabilização de pequenos *blowouts* e, em larga escala, a reconstrução de centenas de metros de duna frontal. Para isto incluem-se dois métodos principais: a) importando areia de outros lugares ou movimentando areia do próprio lugar com o uso de máquinas e, b) formando dunas com esteiras para apreender a areia. A taxa de formação de duna usando esteiras depende do volume de areia trazida pelos ventos desde a praia. As esteiras por terem capacidades limitadas de apreensão de areia (6 m³), devem ser sobrepostas por novas esteiras à medida que vão sendo enterradas (normalmente isto ocorre entre janeiro e fevereiro no nosso litoral), ou mantidas até o estabelecimento da vegetação.

O primeiro passo para qualquer plano de manejo de duna é plantar as espécies primárias como, o capim de praia e margarida de praia, devido a sua capacidade de aprisionar areia, assim, fornecendo uma condição para mais tarde se estabelecerem arbustos e árvores protegidos da abrasão eólica. Temos como exemplo o programa de manejo australiano que utiliza as gramíneas “marram” (*Ammophila arenaria*) e “spinifex” (*Spinifex sericeus*) consorciadas, colmos de capim de praia podem ser plantados entre abril e agosto, enquanto sementes pré-gramíneas de margarida de praia, podem ser plantadas nos meses quentes, sob a proteção de palhas ou entre o capim. A utilização do capim salgado (*Spartina ciliata*) ancorado nestas duas plantas resulta numa maior deflexão inicial do vento, devido aos seus numerosos caules aéreos que podem atingir entre 100 a 160 cm (Cordazzo e Seeliger, 1995). A gramínea *Panicum rasemosum* é a espécie pioneira mais vigorosa e com maior capacidade de regeneração de todas, sendo a principal fixadora de areia da costa sul

brasileira (Pfadenhauer, 1978). Uma duna frontal estabilizada naturalmente por capim de praia, tem a capacidade de retenção de $12 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (Tabajara, 2000 b), similar ao capim de praia europeu (*Ammophila arenaria*), $13,8 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (U.S. Army Corps of Engineers, 1984). A produção numerosa de sementes estéreis (acima de 90%), por esta planta, justifica a sua reprodução por método vegetativo.

As águas naturais do lençol freático levam um tempo considerável para elevar-se até o nível dos colmos vegetais, quando as areias são importadas para aumentar a altura da duna. De acordo com o Soil Conservation Service (1986), o plantio nestas circunstâncias deve ser feito somente após fortes chuvas ou rega abundante.

De acordo com os experimentos de Tabajara *et al.* (2000), os sistemas estruturais mais efetivos e econômicos para a construção de dunas frontais são cercados simples paralelo ao mar, ao longo das dunas remanescentes, e os cercados transversais aos ventos dominantes da região, no caso do Rio grande do Sul predomina o vento do quadrante NE (Fig. 15, pág. 29). O material empregado na confecção das esteiras são palhas de juncos (*junco sp*) ou palhas de tiririca (*Scirpus sp*), seguindo metodologia regional.

Nas áreas com escasso aporte de areia, como a sotavento do sangradouro, faz-se necessário o preenchimento com auxílio de uma escavadeira e uma caçamba, tendo como matéria fonte, as areias perdidas a sotavento do campo de dunas, geralmente espalhadas nas interpraias (Fig. 34). A localização e a forma das dunas a serem reconstruídas seguem as características das dunas remanescentes.



Figura 34. Estabilização das dunas construídas através de máquinas (extraído de Tabajara, 2000).

Para a estabilização das dunas construídas através de máquinas, plantam-se em linha mudas de capim de praia (*Panicum racemosum*) e margarida de praia (*Senecio crassiflorus*) distantes 45 cm uma em relação a outra. Os colmos são retirados da natureza em lugares estabilizados, submetidos a tratamento com substâncias enraizadoras e armazenados em sacos de algodão durante duas semanas, antes de serem transplantados para o terreno. Esta técnica de repicagem de mudas é a mesma empregada para outras gramíneas de praia no mundo, relatada pelo U.S. Army Corps of Engineers (1984), FAO (1988), Soil Conservation Service of NSW (1990) e Texas general Land Office (1991). Em seguida ao plantio se faz a rega e a pulverização de nutrientes químicos, nitrogênio e fósforo na base de 2:1, através de uma pipa de água conectada a uma bomba com mangueira.

A formação de um perfil vegetal sobre a duna produz a fixação definitiva das areias, mas requer um prazo de 3 a 5 anos de trabalho, por envolver uma sucessão botânica, estabelecida conforme a capacidade de crescimento das plantas frente ao soterramento e a resistência às condições ambientais extremas, tais como: abrasão eólica, temperaturas extremas, severa aridez, luz abundante, poucos nutrientes e ocasional inundações por água do mar (Soil Conservation Service, 1986; Clark, 1996). A continuidade do programa depende do sucesso das etapas antecedentes de recobrimento vegetal.

O perfil vegetal utilizado no manejo de dunas é composto por três grupos de plantas:

a) Espécies primárias – capins e rastejantes : *Panicum racemosum* (capim de praia), *Senecio crassiflorus* (margarida de praia) e *Spartina ciliata* (capim salgado).

b) Espécies secundárias- arbustos e arvoretas: *Dodonea viscosa* (vassoura ferro), *Yucca sp.*, *Casuarina equisetifolia* e *Acácia longifolia* (as duas últimas espécies, pré-existent no campo de dunas).

c) Espécies terciárias- árvores remanescentes da Mata Atlântica: *Psidium cattleianum* (araçazeiro), *Schinus terebinthifolius* (aroeira-vermelha), *Butia capitata* (butiazeiro), *Rapanea umbellata* (capororoca).

Os objetivos da instalação de esteiras de palha (junco ou tiririca) sobre o campo de dunas são:

a) Proteger a base das dunas frontais remanescentes do pisoteio das ressacas do mar através da instalação de esteiras paralelas ao mar, com aberturas a cada 30 metros ou mais de distância, a fim de permitir a passagem dos banhistas (Fig. 35), seguindo a técnica aplicada pelo Texas General Land Office, 1991 para a costa do golfo texano;



Figura 35. Instalação de esteiras paralelas ao mar, com aberturas a cada 30 metros ou mais de distância, a fim de permitir a passagem dos banhistas (Tabajara, 2000).

b) Manter a direção de acesso à praia transversal ao vento dominante – NE, para minimizar o efeito do vento sobre a trilha do caminho e concomitante construção de dunas transversais (Fig. 36);



Figura 36. Esteiras de palha no sentido transversal ao vento predominante (Tabajara, 2000).

c) Controlar a ação erosiva do vento na formação de superfícies de deflação eólica (*blowouts*) na frente da duna frontal e ;

d) Proteger do vento as mudas recém plantadas para a fixação de dunas reconstituídas por máquinas.

A educação ambiental se faz necessária junto ao desenvolvimento do programa manejo de dunas, pois a educação ajuda a estimular a formação de uma mentalidade marítima, fator importantíssimo quando se fala de ambiente costeiro. Como subsídio a um programa de Educação Ambiental, os temas tratados basicamente são:

- 1) Origem e morfologia das praias;
- 2) Processos costeiros (ondas, correntes, marés e vento);
- 3) Fauna e Flora marinha e costeira;
- 4) Ecologia;
- 5) Práticas de cidadania e;
- 6) Manejo de dunas (Fig. 37)

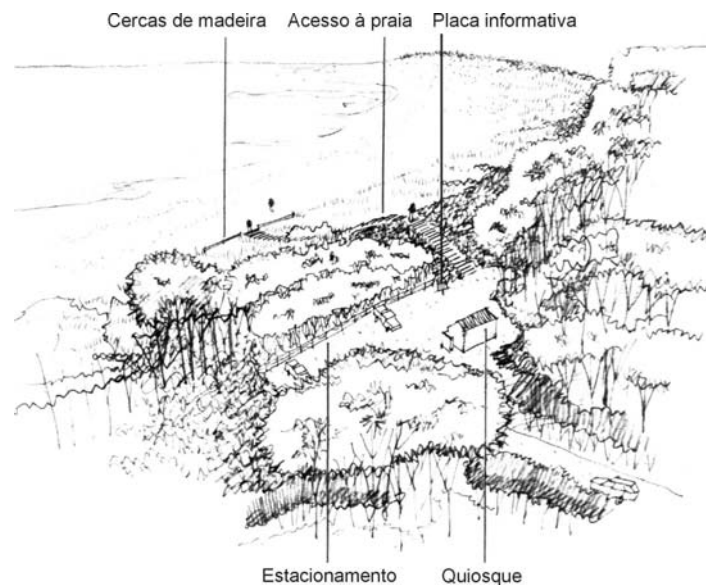


Figura 37. Desenho esquemático do Plano de Manejo de Dunas.

O sucesso na estabilização contínua de dunas, baseado em todos programas internacionais citados e no manejo de praias (Bird, 1996), requer a cooperação pública. Placas sinalizadoras servem para divulgar o programa e para solicitar a cooperação dos usuários evitando a depredação.

A construção de um muro de arrimo junto a saída dos sangradouros pluviais à praia, tem como objetivo, além da melhoria estética, controlar a erosão das ondas de tempestade e o rebaixamento da praia, nas adjacências da duna frontal.

C) Atividades de controle de degradação

A instalação de esteiras sobre a área de manejo tem um papel importante na proteção da cobertura vegetal, no ordenamento do espaço e no controle dos corredores de escape de areia. Esteiras alinhadas paralelas ao mar, distantes de 3 – 6 metros da base da duna frontal remanescente, exercem importante controle das atividades recreativas, porque ao definir passagens específicas e permanentes aos banhistas, evitam o excesso de pisoteio. Também favorece a formação de uma protoduna que pode coalescer com a duna frontal, durante o verão, resultando em uma duna maior, mais convexa e estável aos ventos incidentes sobre a costa. Esta acumulação de areia na frente do sistema de dunas o protege do embate das ondas de tempestades. Já a instalação de esteiras transversais ao vento dominante – NE, direcionando o caminho de acesso à praia, além de minimizar o efeito do vento sobre a trilha, é um eficiente método de construção de dunas transversais, de acordo com Tabajara *et al.* 2000 . O uso de esteiras também é uma eficiente técnica de reforma de duna, ao evitar o agravamento de *blowouts*.

Todos os programas internacionais preconizam que as atividades recreativas nas áreas de uso intensivo das praias devem ser controladas para evitar a destruição das dunas e sua vegetação. Isto pode ser impedido em grandes extensões a partir da instalação de cercas na periferia do campo de dunas e direcionamento dos acessos aos transeuntes, transversais aos ventos dominantes. Em áreas de uso intensivo da praia é recomendado a construção de passarelas por cima das dunas ou estrados de madeira rentes ao chão. As áreas de estacionamento de veículos, quiosques e outros serviços devem ser locados a uma distância onde a ação do transporte eólico das dunas não os influencie.

As dunas são extremamente frágeis e muitas vezes não suportam a pressão da comunidade. Porém compõe um valioso recurso de lazer popular. Por este motivo, parte do sucesso de um programa de manejo, deve-se a uma série de medidas adotadas para sensibilizar a população capaz de gerar mudanças de atitudes diminuindo assim o impacto físico das pessoas sobre o sistema praias. Uma estratégia de manejo sobre a comunidade deve considerar: conscientização e envolvimento da comunidade e consideração das autoridades competentes.

5.3.2 Diagnóstico de Capão da Canoa

5.3.2.1 Plano de manejo de dunas em Capão da Canoa

O Plano de Manejo de Dunas no município de Capão da Canoa é um projeto piloto elaborado pela Secretaria do Meio Ambiente com o objetivo de controlar a erosão costeira e recuperar o corredor da fauna e da flora existentes no local. Este plano apresenta três fases de implementação que serão desenvolvidas ao longo de uma área piloto de aproximadamente 1.000 m² próximo ao antigo farol do município (Fig. 38).

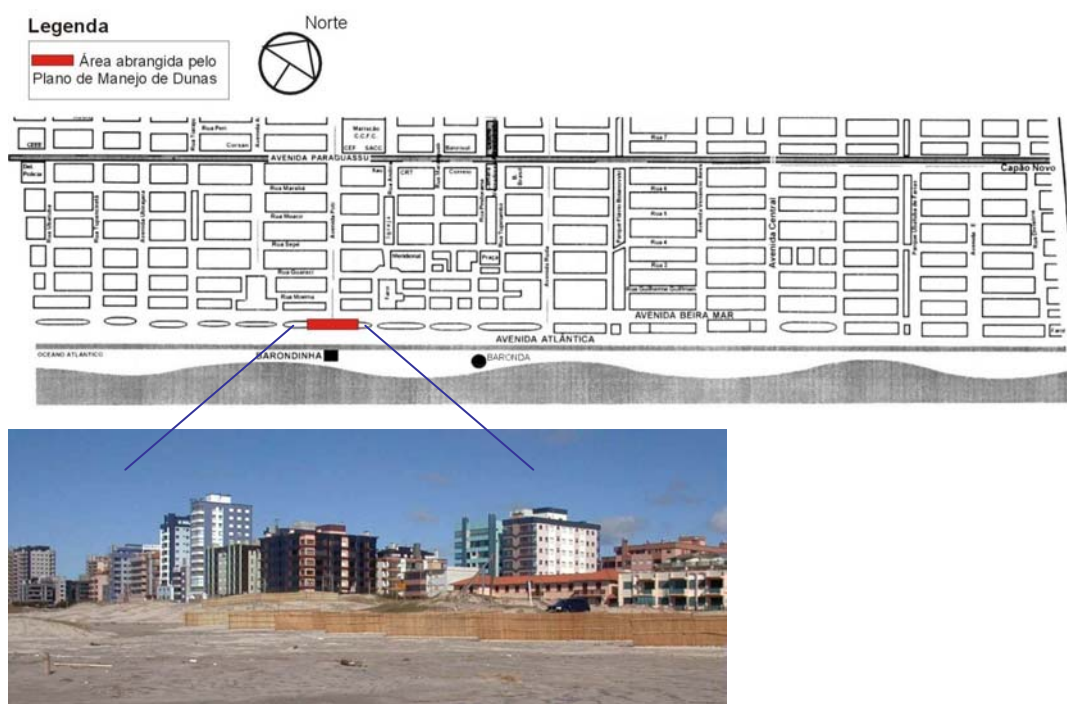


Figura 38. Localização da área abrangida pelo Plano de Manejo de Dunas no município de Capão da Canoa.

5.3.2.2 Resultados e discussões

Devido o Plano de Manejo de Dunas do município de Capão da Canoa ser um projeto piloto, abranger uma área pequena e ainda estar numa fase inicial, os resultados se tornam difíceis de serem avaliados. Entretanto, o município de Capão da Canoa é um dos poucos situados no litoral norte do estado que apresenta um programa desse gênero.

Na área abrangida pelo Plano, foram instaladas esteiras de palha no sentido transversal ao vento predominante (NE) conforme figura 39 para reter a deriva de

areia e formar uma nova duna frontal. O projeto encontra-se na 2ª fase de implementação, destinada à recuperação das dunas, o plantio de vegetação ainda não foi iniciado. A fase posterior será o controle de degradação.



Figura 39. Esteiras de palha no sentido transversal ao vento predominante (NE).

5.4 Nota atribuída ao indicador

Em virtude do município de Capão da Canoa estar implantando o plano de manejo de dunas, e o mesmo ter atingido 1 dos 6 critérios exigidos para sua excelência a nota atribuída para este indicador foi 0,30 (Tab. 12).

Tabela 12. Resultado da análise dos sub-indicadores do Plano de Manejo de Dunas.

Manejo de dunas		Notas		Pesos	Resultados
Responsável técnico		não possui 0	possui 1	0,3	0,3
Tempo de duração		<1 ano 0	>1ano 1	0,15	0
Calçada	existe	influencia 0	não influencia a morfodinâmica 1	0,2	0
	não existe	-	1		
Mão de obra, quantidade e disponibilidade		não atende 0	atende 1	0,05	0
Envolvimento da população		não existe 0	existe 1	0,1	0
Causas da erosão		Antrópico 0	Natural 1	0,2	0
				$\Sigma=1$	$\Sigma=$
					0,30

6. INDICADOR III - BALNEABILIDADE DA ÁGUA

6.1 Introdução

Freqüentadores de águas recreacionais podem expor-se ao risco de sofrerem infecções em contato com águas contaminadas. Algumas pessoas são mais suscetíveis a infecções que outras, como por exemplo às crianças que tendem a ser mais vulneráveis à exposição no ambiente contaminante por apresentarem diferenças de comportamento e uma função imunológica reduzida.

Portanto, faz-se necessário analisar a balneabilidade da água, baseada na concentração de Coliformes Fecais, em qualquer ambiente, principalmente aqueles freqüentados para o divertimento e lazer. Na prática a qualidade microbiológica da água da praia tem sido avaliada primariamente pelos Coliformes Fecais. Uma grande vantagem da utilização dos coliformes como índice de poluição fecal é o fato de que seu número na água apresenta, com o tempo, um decréscimo semelhante aos das bactérias patogênicas intestinais.

O litoral norte do Rio Grande do Sul caracteriza-se por apresentar o nível freático muito baixo em virtude do baixo gradiente topográfico, aumentando assim o poder de disseminação de poluentes no lençol freático. Além disso, existem diversos canais temporários (sangradouros) de extravasamento de galerias de águas pluviais, geralmente contaminados por lançamento de esgoto clandestino doméstico que conduzem o volume excedente direto para o mar.

Na área analisada foram monitorados oito pontos, com amostras quinzenais ao longo de quatro meses (dezembro a março), com o objetivo de analisar a concentração de coliformes fecais na água. Quatro pontos situavam-se no mar e quatro nos sangradouros (Fig. 40).



Figura 40. Mapa dos pontos amostrados ao longo da praia de Capão da Canoa para a análise da balneabilidade da água no mar e nos sangradouros.

6.2 Conceitos básicos

6.2.1 Balneabilidade da água

A balneabilidade da água é a qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário, ou seja um contato direto e prolongado com a água, onde a possibilidade de ingerir quantidades apreciáveis de água é elevada.

Para sua avaliação é necessário o estabelecimento de critérios objetivos. Estes critérios devem basear-se em indicadores a serem monitorados e seus valores confrontados com padrões pré-estabelecidos, para que se possa identificar se as condições de balneabilidade em um determinado local são favoráveis ou não.

O parâmetro indicador básico para a classificação das praias quanto a sua balneabilidade em termos sanitários é a densidade de COLIFORMES FECAIS.

As doenças relacionadas ao banho, em geral, não são graves. A doença mais comum associada à água poluída por esgoto é a gastroenterite. Ela ocorre numa grande variedade de formas e pode apresentar alguns sintomas: enjôo, vômitos, dores

de estômago diarreia, dor de cabeça e febre. Outras doenças menos graves incluem infecções de olhos, ouvidos, nariz e garganta. Em locais muito contaminados os banhistas podem estar expostos a doenças mais graves, como disenteria, hepatite A, hepatite E, enterovirose, cólera e febre tifóide.

Cuidados para evitar a contaminação:

- Não tomar banho nas águas das praias que forem classificadas como impróprias;
- Evitar contato com os cursos d'água que afluem às praias;
- Evitar o uso das praias que recebam corpos d'água cuja a qualidade da água é desconhecida, após a ocorrência de chuvas de maior intensidade;
- Evitar a ingestão da água do mar;
- Não levar animais à praia.

A poluição das águas é gerada por:

- Efluentes domésticos (poluentes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias)
- Efluentes industriais (poluentes orgânicos e inorgânicos, dependendo da atividade industrial)
- Carga difusa agrícola e urbana (poluentes advindos da drenagem destas áreas: fertilizantes, defensivos agrícolas, fezes animais e material em suspensão)

6.2.2 Legislação Resolução do CONAMA nº 274/00

Segundo a legislação e resolução do CONAMA nº 274/00 as praias são classificadas em quatro categorias diferenciadas:

- Excelente
 - Muito Boa
 - Satisfatória
 - Imprópria
- } Própria para banho

Esta classificação baseia-se na quantidade de Coliformes Fecal, Total e Enterococos, resultantes de análises feitas em cinco amostragens consecutivas (Tab. 13).

Tabela 13. Limites de Coliforme por 100 ml para cada categoria

	Categoria	Limite de Coliforme Fecal NMP/100 ml
PRÓPRIA	Excelente	Máximo de 250 em 80% ou mais do tempo
	Muito Boa	Máximo de 500 em 80% ou mais do tempo
	Satisfatória	Máximo de 1.000 em 80% ou mais do tempo
IMPRÓPRIA	Imprópria	Superior a 1.000 em mais de 20% do tempo ou superior a 2.500 na última amostragem

NMP= número mais provável: é a estimativa de coliformes fecais em uma amostra. Densidades de coliformes fecais superiores a 1000 NMP/100 ml em duas ou mais amostras de um conjunto de cinco amostragens consecutivas em um período igual ou inferior a cinco semanas, caracterizam a impropriedade da praia para recreação de contato primário.

Variáveis analíticas (físico-químicas e microbiológicas) exigidas pela resolução, na classificação das categorias (CETESB, 2001):

- Coliformes: as bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, e *Enterobacter*, são bactérias gram-negativas não esporuladas que estão associadas às fezes de animais de sangue quente e com o solo. As bactérias reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar (lactose). A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera.
- Coliformes fecais (termotolerantes): bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais são caracterizadas pela presença da enzima galactosidase e

pela capacidade de fermentar a lactose com a produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tensoativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais, podem também ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica (MO). O uso da bactéria coliforme fecal como indicador é melhor que a total, pois as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

- Enterococos: bactéria do grupo dos *estreptococos* fecais, pertencentes ao gênero *Enterococcus* previamente considerado *Streptococcus* do grupo D. Presente somente em fezes humanas e de animais de sangue quente, possui capacidade de sobrevivência maior no ambiente aquático do que as *Escherichia coli*, portanto é um melhor indicador de contaminação fecal .
- Condutividade: a condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. A condutividade da água depende de suas concentrações iônicas e da temperatura. A condutância específica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20 °C é freqüentemente usado e referido como DBO 5,20. Os maiores acréscimos em termos de DBO, num corpo d'água são provocados por despejos de origem orgânica. A presença de um alto teor de MO pode induzir a completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento dos peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor de DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e ainda, pode obstruir os filtros de areia nas ETEs. Pelo fato da DBO somente medir a quantidade de oxigênio consumido num teste

padronizado, não indica a presença de matéria não biodegradável, nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana.

- Demanda Química de Oxigênio (DQO): é a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor e em primeiro lugar, servindo os resultados de orientação para o teste da DBO. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial.
- Oxigênio Dissolvido (OD): os níveis de OD tem papel determinante na capacidade de um corpo d'água natural de manter a vida aquática. Uma adequada provisão de OD é essencial para a manutenção dos processos naturais de auto-depuração em sistemas aquáticos e ETEs. Através de medição do teor de OD, podem ser avaliados os efeitos dos resíduos oxidáveis sobre as águas receptoras e sobre a eficiência das ETEs, durante o processo de oxidação bioquímica.
- pH: potencial hidrogeniônico, este parâmetro por definir o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, deve ser considerado, pois os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade. Alterações bruscas no pH podem acarretar o desaparecimento dos seres nela presentes. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para a corrosão dos sistemas de distribuição de água, ocorrendo com isso, uma possível extração de ferro, cobre, chumbo, zinco, e cádmio, e dificultar a descontaminação das águas.
- Turbidez: alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água.
- Definições das águas: as águas são consideradas doces quando a salinidade é igual ou inferior a 0,500‰; águas salobras são águas com salinidade entre 0,500- 300‰ e águas salinas são águas com salinidade igual ou superior a 300‰.

6.3 Metodologia

A metodologia empregada neste trabalho está baseada no Manual Técnico do DMAE (DMAE, 1996) e no Standard Methods (1992).

A técnica utilizada foi a dos Tubos Múltiplos, neste método não é possível identificar, isolar ou enumerar as bactérias patogênicas por ventura existentes na água. O método apenas indica o grau de contaminação da água com despejos de origem humana ou animal. O resultado do ensaio, é expresso sob a forma de Número mais Provável – NMP (ver Anexo B), sendo que este índice, é uma estimativa da densidade de coliformes em 100 ml de amostra.

As amostragens subdividiram-se em: coleta, armazenamento da amostra e protocolos usados para a enumeração e pesquisa do Grupo Coliformes.

A coleta da amostra foi feita em frascos de vidro, neutro, claro, com rolha de vidro, estéreis, bem fechados e tampa protegida com papel de alumínio. Ao coletar a amostra de água deixou-se um espaço com ar no frasco, para que antes do exame esta se homogeneizasse por agitação. O frasco permaneceu fechado até o momento da coleta para evitar qualquer tipo de contaminação. As amostras foram examinadas em menos de 24h, sendo armazenadas a uma temperatura média de 4°C em uma caixa de isopor com gelo.

Os protocolos usados para enumeração e pesquisa do Grupo Coliforme foram o exame presuntivo, o confirmatório e o completo conforme fluxograma (Fig. 41).

O exame presuntivo constitui o primeiro passo para verificação desse grupo. Nele inocula-se uma porção de água num caldo contendo vários nutrientes e lactose (BioBrás). Somente poucas bactérias podem fermentar lactose. A presença de qualquer gás nos tubos de inversão indica que membros do Grupo Coliforme podem estar presentes. O teste é dito presuntivo porque outras bactérias, não pertencentes ao Grupo Coliforme podem fermentar a lactose e produzir gás. Os organismos coliformes se desenvolvem rapidamente, produzem gás em 18hs, tornam o meio turvo com pouco sedimento e odor.

O exame confirmatório tem por finalidade verificar a veracidade do teste presuntivo e consiste em inocular uma pequena porção de lactose fermentado em um meio seletivo o qual só permite o desenvolvimento do Grupo Coliforme, inibindo o desenvolvimento de outras bactérias fermentadoras de lactose. O meio usado foi o caldo lactosado com bile de boi e verde brilhante (BioBrás). O desenvolvimento de gás indica um teste confirmado positivo. O verde brilhante em diluição apropriada não só inibe todas as bactérias gram-positivas e muitas gram-negativas, como exibe uma ação diferencial para o Grupo Coliforme.

O exame completo é o passo seguinte e este demonstra de forma completa a presença dos coliformes fecais. Usou-se para o ensaio completo, os tubos fermentados de caldo lactosado bile verde brilhante, os quais são semeados em agar Eosina Azul de Metileno (Merck).

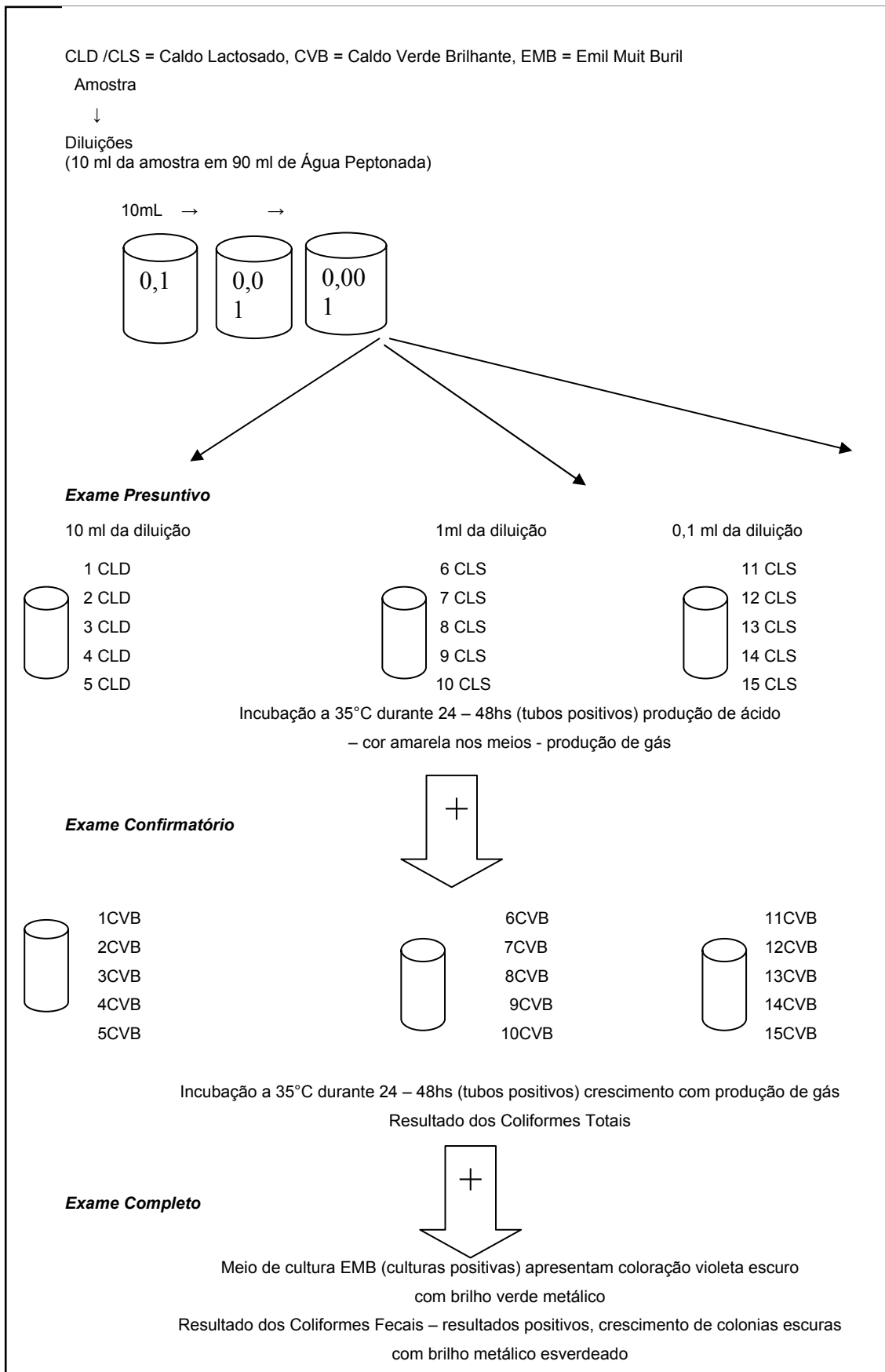


Figura 41. Fluxograma com os protocolos usados para enumeração e pesquisa do Grupo Coliforme.

6.4 Resultados para o município de Capão da Canoa

De acordo com o Decreto 99.274 de 06-03-1990 do CONAMA, águas com índice de coliformes fecais superior a 2500 nmp, na última amostragem, ou superior a 1.000 NMP em mais de 20% do tempo, encontram-se impróprias para banho.

Os resultados obtidos da análise de balneabilidade da água no município de Capão da Canoa e Xangri-lá podem ser observados nas Tabelas 14 a 20.

Tabela 14. Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 1ª coleta. Data: 02-12-2001 - Hora: 19:30

Local	Resultados(ufc/100 ml)		Parâmetros físico-químicos		
			Profundidade da coleta: cm	Mar	Sangradouro
Atlântida					
Mar:	3,0x10 ²	23	50	50	0
Sangradouro:	8,0x10 ⁴	6,0x10 ³	10		10
			PH:	7,9	7,6
			Condutividade:	62	0,5
			mS/cm	4	0
			Salinidade: %	7	4,3
			OD: mg/l	20	21
			Temperatura: °C		
Maloca					
Mar:	50	08	PH:	7,9	7,7
Sangradouro	1,1x10 ⁵	4,0x10 ³	Condutividade:	6,2	0,6
			Salinidade:	4	0
			OD:	6,9	2,1
			Temperatura:	20	19
Baronda					
Mar:	23	02	PH:	7,9	7,6
Sangradouro:	3,0x10 ⁴	<02	Condutividade:	61	4,1
			Salinidade:	4	0,2
			OD:	7	6,2
			Temperatura:	20	21
Ubatuba F.					
Mar:	9,0x10 ²	11	PH:	7,8	6,3
Sangradouro:	5,0x10 ⁴	2,0x10 ³	Condutividade:	61	0,2
			Salinidade:	4	0
			OD:	6,8	3,3
			Temperatura:	20	21

NOTA: No dia da coleta a direção da corrente litorânea era NE, sob condições de tempo bom.

Tabela 15. Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 2ª coleta.
Data: 16-12-2001 - Hora: 18:10

Local	Resultados (ufc/100 ml)		Parâmetros físico-químicos		
			Profundidade da coleta: (cm)	Mar	Sangradouro
	Coliformes totais	Coliformes fecais			
Atlântida			PH:	8	7
Mar:	23	08	Condutividade:	62,8	0,4
			mS/cm	4	0,01
Sangradouro:	$1,7 \times 10^5$	<02	Salinidade: %	9,43	15,65
			OD: mg/l	21	21
			Temperatura: °C		
Maloca			PH:	8,05	7,24
Mar:	13	<02	Condutividade:	63,9	0,62
			Salinidade:	4	0,02
Sangradouro	$4,0 \times 10^3$	<02	OD:	9,4	1,6
			Temperatura:	20,7	19,3
Baronda			PH:	8,07	7,55
Mar:	23	08	Condutividade:	63,6	5,31
			Salinidade:	4	0,27
Sangradouro:	$2,8 \times 10^5$	$2,0 \times 10^3$	OD:	9,10	0,75
			Temperatura:	20,8	19,9
Ubatuba F.			PH:	8,07	7,55
Mar:	04	04	Condutividade:	62,5	0,28
			Salinidade:	4	0,01
Sangradouro:	$4,0 \times 10^3$	$4,0 \times 10^3$	OD:	9,45	4,4
			Temperatura:	20	21,5

NOTA: : No dia da coleta a direção da corrente litorânea era NE, sob condições de tempo chuvoso.

Tabela 16. Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 3ª coleta.
Data: 06-01-2002 - Hora: 18:00

Local	Resultados (ufc/100 ml)		Parâmetros físico-químicos		
			Profundidade da coleta: cm	Mar	Sangradouro
	Coliformes Totais	Coliformes Fecais			
Atlântida			PH:	8,2	8,38
Mar:	1,6x10 ³	26	Condutividade:	61,9	4,76
			mS/cm	4	0,3
Sangradouro:	1,6x10 ⁶	1,6x10 ⁴	Salinidade: %	2,23	1,84
			OD: mg/l	21,4	23,4
			Temperatura: °C		
Maloca			PH:	8,2	7,2
Mar:	1,6x10 ³	22	Condutividade:	61,9	0,3
			Salinidade:	4	0,01
Sangradouro	1,6x10 ⁶	2,3x10 ⁴	OD:	2,23	0,6
			Temperatura:	21,8	23,3
Baronda			PH:	8,2	8,6
Mar:	1,6x10 ³	60	Condutividade:	64,1	5,96
			Salinidade:	4	0,44
Sangradouro:	1,6x10 ⁶	7,0x10 ³	OD:	0,91	1,02
			Temperatura:	21,7	23,8
Ubatuba F.			PH:	8,2	7,24
Mar:	1,1x10 ³	22	Condutividade:	60,6	0,29
			Salinidade:	4	0,01
Sangradouro:	1,3x10 ⁵	4,0x10 ³	OD:	9,2	2,55
			Temperatura:	21,7	23,3

NOTA: No dia da coleta a direção da corrente litorânea era NE, sob condições de tempo muito chuvoso.

Tabela 17. Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 4ª coleta.
Data: 03-02-2002 - Hora: 20:20

Local	Resultados (ufc/100 ml)		Parâmetros físico-químicos		
			Profundidade da coleta: cm	Mar	Sangradouro
	Coliformes Totais	Coliformes Fecais			
Atlântida			PH:	8,32	9,48
Mar:	$3,0 \times 10^3$	$3,3 \times 10^2$	Condutividade:	65,3	0,50
			mS/cm	4	0,02
Sangradouro:	$1,5 \times 10^5$	$1,4 \times 10^4$	Salinidade: %	9,2	7,39
			OD: mg/l	21,2	22,6
			Temperatura: °C		
Maloca			PH:	8,27	7,33
Mar:	$3,0 \times 10^4$	$1,7 \times 10^3$	Condutividade:	65,7	0,59
			Salinidade:	4	0,02
Sangradouro	$1,9 \times 10^5$	$1,1 \times 10^4$	OD:	4,3	2,08
			Temperatura:	21,3	20,9
Baronda			PH:	8,35	Não foi
Mar:	$2,2 \times 10^3$	$2,0 \times 10^2$	Condutividade:	65,7	possível
			Salinidade:	4	coletar os
Sangradouro:	$4,0 \times 10^3$	<02	OD:	7,18	dados.
			Temperatura:	21,4	Difícil
					acesso
Ubatuba F.			PH:	8,27	7,06
Mar:	$3,0 \times 10^3$	$1,7 \times 10^2$	Condutividade:	65	0,31
			Salinidade:	4	0,01
Sangradouro:	$2,8 \times 10^5$	$1,0 \times 10^4$	OD:	9,2	1,69
			Temperatura:	21,5	23,7

NOTA: No dia da coleta a direção da corrente litorânea era NE, sob condições de tempo bom.

Tabela 18. Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 5ª coleta.
Data: 24-02-2002 - Hora: 19:00

Local	Resultados (ufc/100 ml)		Parâmetros físico-químicos
	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Não foi possível levar o equipamento medidor dos parâmetros físico-químicos (horiba) para a coleta de dados.
Atlântida			
Mar:	80	50	
Sangradouro:	$1,7 \times 10^5$	$7,0 \times 10^3$	
Maloca			
Mar:	$3,3 \times 10^2$	50	
Sangradouro	$1,3 \times 10^4$	$2,0 \times 10^3$	
Baronda			
Mar:	$2,3 \times 10^2$	80	
Sangradouro:	$2,4 \times 10^6$	$1,0 \times 10^4$	
Ubatuba			
Farias	$3,3 \times 10^2$	$1,3 \times 10^2$	
Mar:			
Sangradouro:	$5,0 \times 10^3$	<02	

Tabela 19. Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 6ª coleta.
Data: 10-03-2002 - Hora: 17:30

Local	Resultados (ufc/100 ml)		Parâmetros físico-químicos		
			Profundidade da coleta: cm	Mar	Sangradouro
Atlântida				20	20
Mar:	20	<02	PH:	8,33	8,76
Sangradouro:	7,0x10 ³	4,0x10 ³	Conductividade:	65,2	0,44
			mS/cm	4	0,01
			Salinidade: %	2,43	0,04
			OD: mg/l	23,4	25,6
			Temperatura: °C		
Maloca			PH:	8,3	7,5
Mar:	5,0x10 ²	70	Conductividade:	64,8	0,56
Sangradouro	2,7x10 ⁴	7,0x10 ³	Salinidade:	4	0,02
			OD:	0,84	0,59
			Temperatura:	23,5	23,1
Baronda			PH:	8,36	
Mar:	3,0x10 ²	80	Conductividade:	64	Não aflorante.
Sangradouro:	1,3x10 ⁵	9,0x10 ³	Salinidade:	4	
			OD:	2,4	
			Temperatura:	23,7	
Ubatuba F.			PH:	6,36	7,5
Mar:	3,0x10 ²	3,0x10 ²	Conductividade:	61,9	0,31
Sangradouro:	1,7x10 ⁴	1,1x10 ⁴	Salinidade:	4	0,01
			OD:	3,04	2,2
			Temperatura:	24,9	26,9

NOTA: No dia da coleta a direção da corrente litorânea era NE, sob condições de tempo bom com temperaturas elevadas .

Tabela 20. Resultado da análise de colimetria em amostras de água - 7ª coleta.
Data: 24-03-2002 - Hora: 19:00

Local	Resultados (ufc/100 ml)		Parâmetros físico-químicos
	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Não foi possível levar o equipamento medidor dos parâmetros físico-químicos (horiba) para a coleta de dados.
Atlântida			
Mar:	9,0x10 ²	07	
Sangradouro:	1,6x10 ⁵	3,0x10 ³	
Maloca			
Mar:	1,6x10 ³	17	
Sangradouro	1,6x10 ⁵	1,1x10 ³	
Baronda			
Mar:	2,2x10 ²	14	
Sangradouro:	3,0x10 ⁴	33x10 ³	
Ubatuba			
Farias	1,7x10 ²	08	
Mar:			
Sangradouro:	7,0x10 ⁴	2,0x10 ³	

NOTA: No dia da coleta a direção da corrente litorânea era NE, sob condições de tempo chuvoso.

Para melhor visualização dos dados, estes foram compilados nas figuras 42, 43, 44 e 45 apresentadas a seguir.

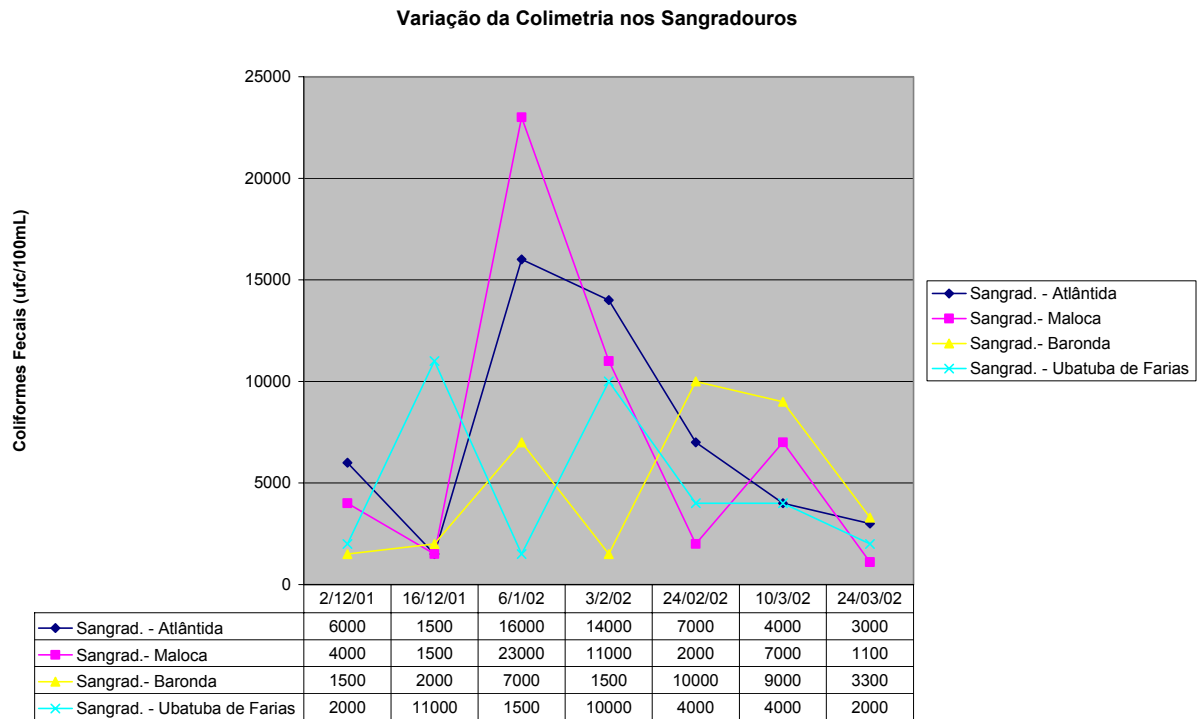


Figura 42. Variação da colimetria nos sangradouros ao longo dos pontos amostrados.

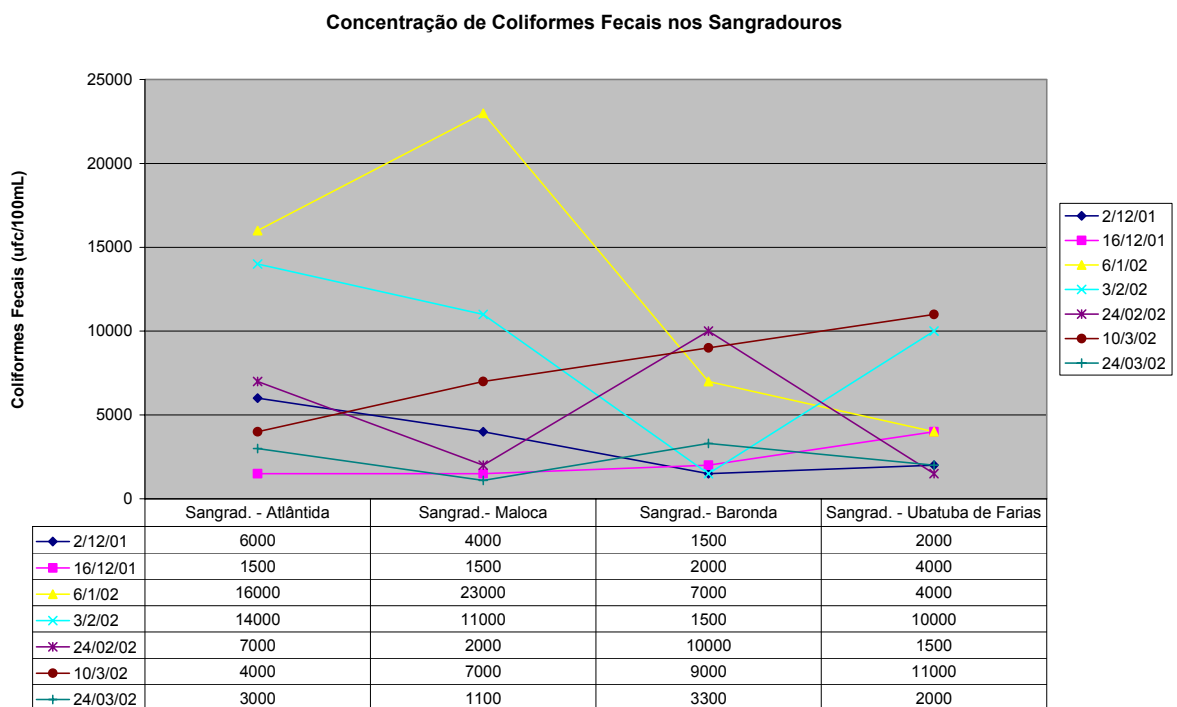


Figura 43. Variação da colimetria nos sangradouros ao longo dos dias amostrados.

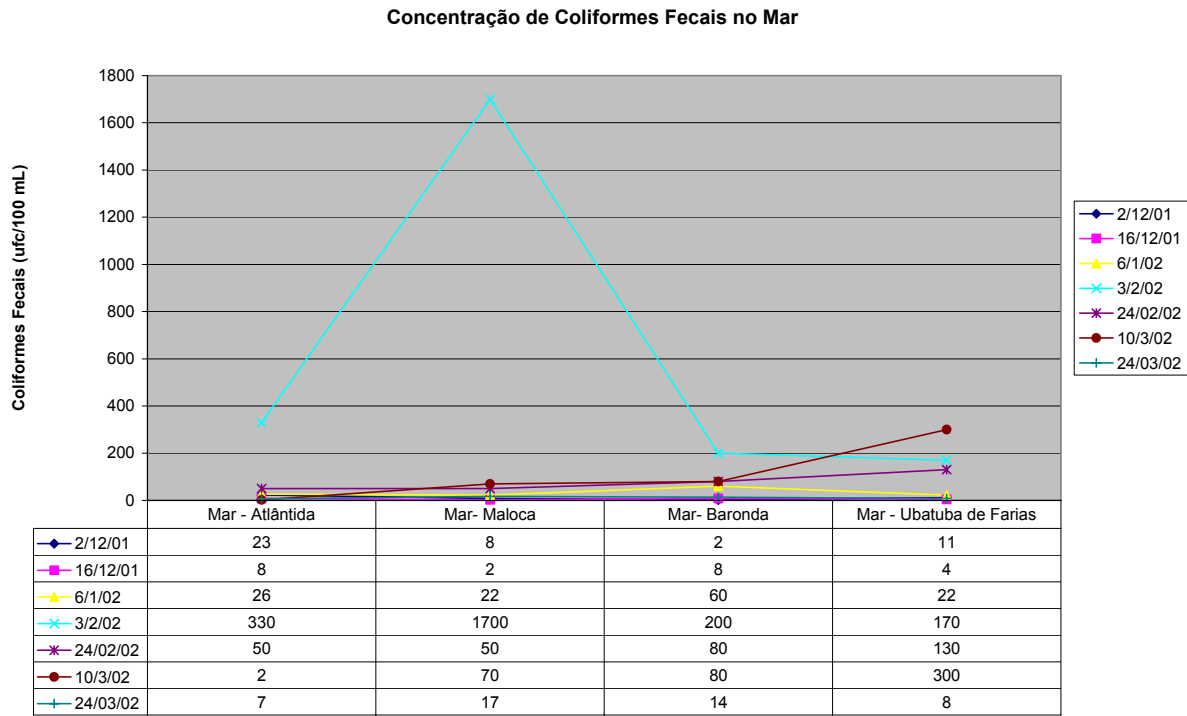


Figura 44. Variação da colimetria no mar ao longo dos dias amostrados.

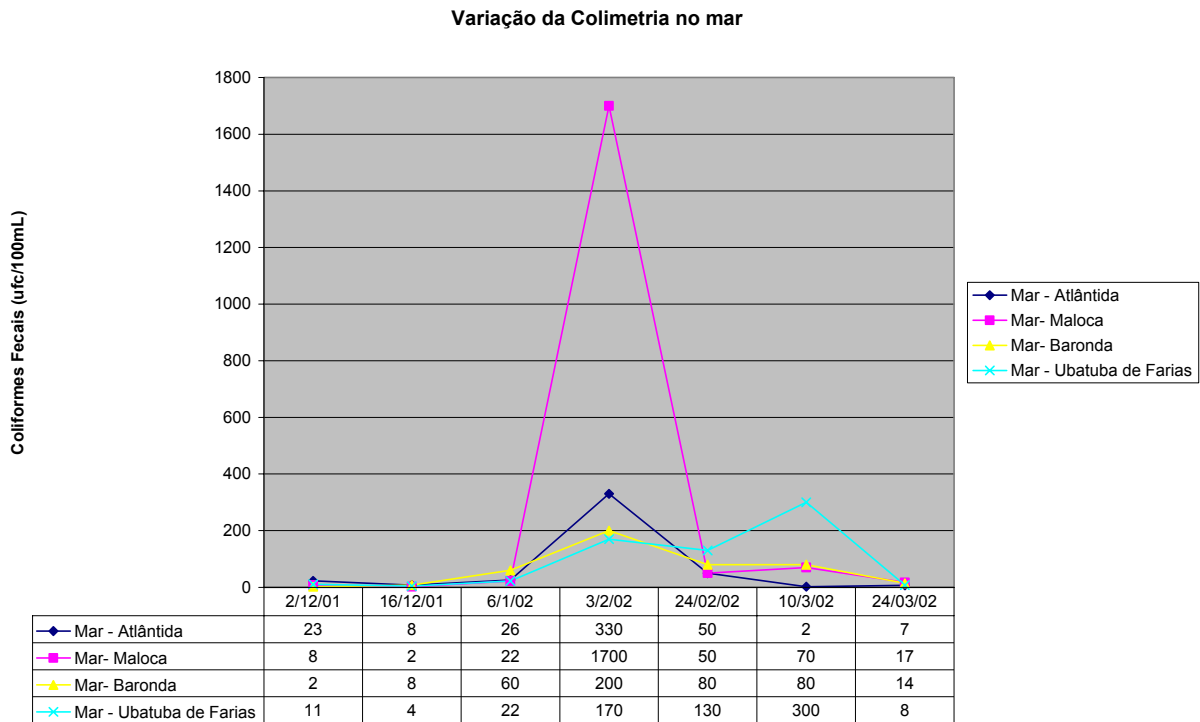


Figura 45. Variação da colimetria no mar ao longo dos pontos amostrados.

Todas as amostras coletadas nos sangradouros apresentaram índices de coliformes fecais superiores a 1.000 NMP, foram portanto, consideradas impróprias para banho.

Dentre as amostras coletadas no mar, somente a amostra Maloca (03-02-2002) apresentou índice superior a 1.000 NMP estando, portanto, imprópria para banho naquela data.

De acordo com os índices do Decreto citado anteriormente, os pontos do mar Atlântida, Maloca, Baronda e Ubatuba Farias foram considerados excelentes quanto a sua balneabilidade.

6.5 Discussão dos resultados

A rede de esgoto de Capão da Canoa abrange uma área de 28,75 km², equivalente a 29,6% da área total do município, sendo ainda muito comum o sistema de fossa séptica e sumidouro.

De acordo com os resultados das análises da Colimetria no mar e no sangradouro, observou-se que o mar apresentou, na maior parte do tempo, a balneabilidade considerada em níveis excelentes para o banho, exceto no dia (03-02-2002) no ponto Maloca, quando a concentração de coliformes fecais ultrapassou o valor de 10³ NMP. Entretanto, os sangradouros foram considerados impróprios para o banho pois apresentaram concentrações elevadíssimas. A impropriedade ao banho nos sangradouros pode estar relacionada às ligações clandestinas das fossas sépticas/sumidouros no sistema de escoamento pluvial da cidade bem como com os períodos de chuva que carregam a sujeira da cidade, concentrando-as nos sangradouros.

Dentre os quatro pontos analisados nos sangradouros o ponto Maloca foi o que apresentou o maior índice de coliforme fecal.

Os picos de concentração de coliformes fecais ocorreram no mês de fevereiro, podendo estar relacionado à concentração populacional e de animais doméstico na praia neste período.

A variabilidade das concentrações de coliformes fecais foge do objetivo deste trabalho pois com o uso do sistema binário (própria ou imprópria), elimina-se a necessidade de uma análise mais aprofundada dos dados.

De acordo com Dufour, 1984 a *Escherichia coli* apresenta uma forte relação com doenças transmitidas em águas salinas e existe uma taxa de contaminação muito maior em ambientes marinhos do que em ambientes de águas doce (Fig.46) . A taxa de contaminação foi testada usando-se o teste somatório de ranking Wilcoxon, o qual

demonstrou que dificilmente os dois grupos, *Escherichia coli* e o *Enterococcus*, venham da mesma população ($p < 0,05$). Embora, as taxas de doenças foram estatisticamente diferentes, as dos indicadores de densidade, não. A semelhança das taxas média de densidades não era esperada, desde que uma das restrições do estudo do processo de seleção do local amostrado tenha coincido no local e no padrão da qualidade da água. O padrão de qualidade da água é de 200 Coliformes Fecais por 100 ml e além disso a maior parte dos locais atendia as exigências ao longo desse estudo.

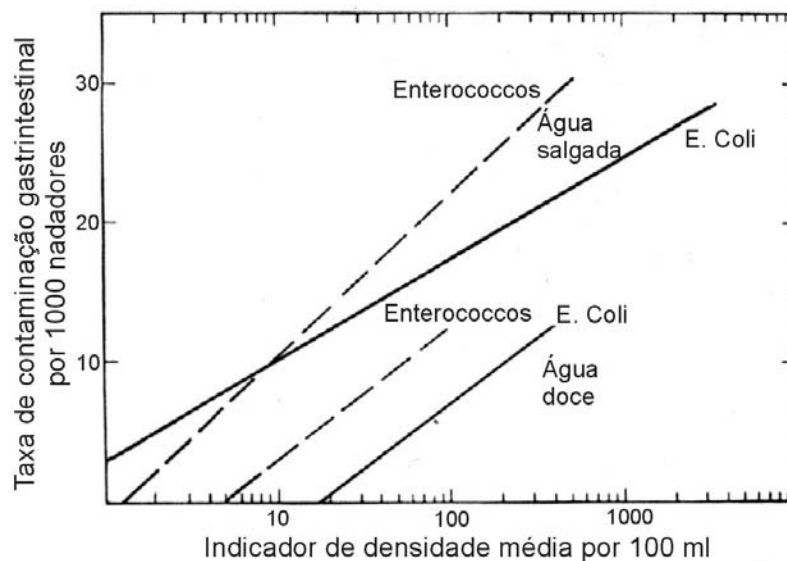


Figura 46 . Relação de taxas de contaminação gastrointestinal entre a densidade de bactérias *E.coli* e *Enterococcus* em banhistas de água salina e doce (Dufour, 1984).

Esta restrição poderia ser uma importante contribuição para a diferença nas taxas de doenças gastrointestinais observadas entre águas salgadas e doces. A hipótese mais apropriada é que nas praias existem mais bactérias patogênicas em águas salgadas do que em águas doces e a razão para existir esta diferença está no tempo de vida das bactérias nos dois tipos de ambiente (Fig. 47), retiradas de algumas análises feitas por Chamberlin e Mitchell, 1978. Eles analisaram o tempo de sobrevivência em 87 pontos na água do mar e 28 em água doce. Suas análises indicaram que na água do mar o valor médio T90 (tempo para 90% das populações de bactérias morrerem), foi de 2,2h e na água doce foi de 57,6h. Por este motivo a concentração deu-se maior nos sangradouros, na área em estudo, do que no mar e, além disso, as condições ambientais nos sangradouros favorecem um melhor desenvolvimento dos coliformes fecais se comparados com o mar. Apesar, da taxa de sobrevivência das bactérias em água salina ser menor do que em água doce, as bactérias patogênicas se desenvolvem melhor em ambiente marinho.

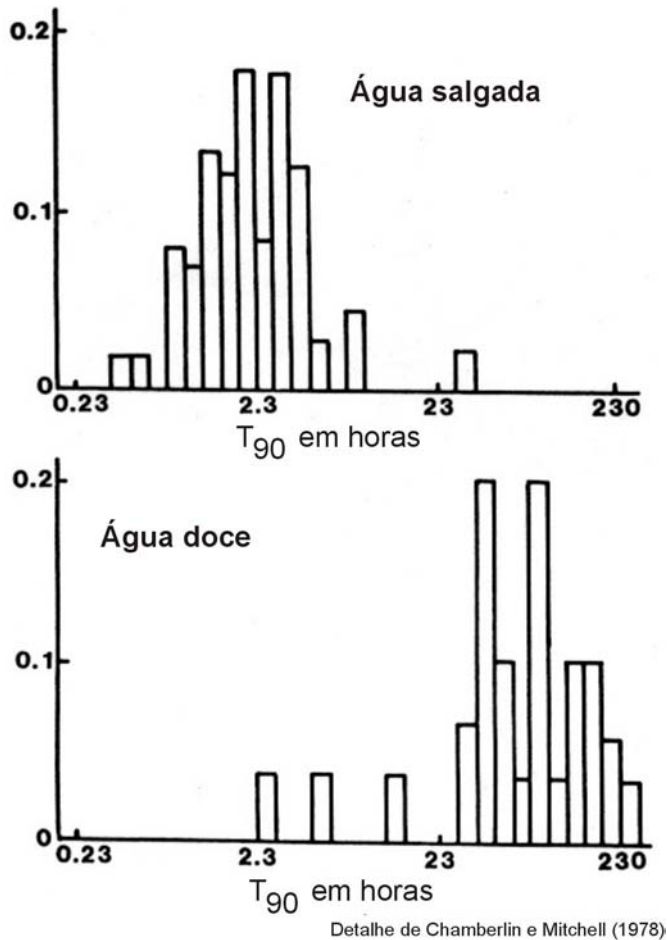


Figura 47. Distribuição da taxa de mortalidade do grupo Coliformes sob condições naturais em ambientes de água salgada e doce (Chamberlin & Mitchell, 1978).

Esta diferença na taxa de desaparecimento das populações pode estar relacionada à diferença na taxa de contaminação de nadadores observados praticando o esporte em águas doce e salgada. Quando o indicador está dentro do padrão em águas marinha, existe um grande excesso de bactérias patogênicas, quando o padrão é alcançado em água doce isto significaria baixa densidade de bactérias patogênicas. Na figura 48, a coluna vertical indica a densidade relativa de bactérias patogênicas que podem ocorrer quando a densidade está no limite do padrão.

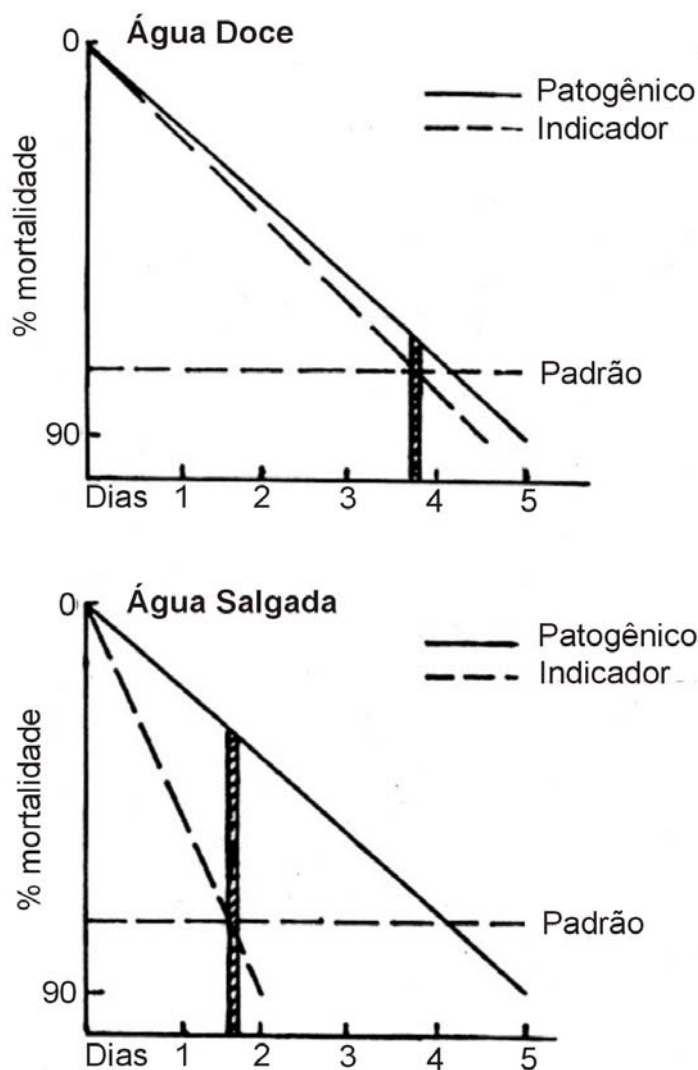


Figura 48. Modelo da taxa de mortalidade em água doce e salgada (Chamberlin & Mitchell, 1978).

A densidade de *Enterococcus* tem uma relação direta forte com doenças em nadadores em águas salgada e doce. A densidade de *E. coli* mostrou uma forte relação a doenças em águas doce mas não em águas salgada.

A diferença na taxa de desaparecimento de indicadores bacteriológicos em águas marinhas e doce, está associada com a similaridade aparente nas taxas de decaimento de bactérias patogênicas nestes dois ambientes aquáticos, exigem o uso de um simples critério ou padrão em águas marinhas e doce.

Finalmente, o método epidemiológico tem uma vantagem sobre os métodos preliminares utilizados para justificar indicadores bacteriológicos de qualidades de água. No passado, indicadores foram selecionados com base em algumas relações patogênicas nos mesmos ambientes aquáticos contaminados. Este método de seleção não é possível ser empregado nos dias de hoje, pois muitas bactérias patogênicas presentes neste ambiente, especialmente às virulentas, não podem ser cultivadas em

laboratórios. O método epidemiológico, por outro lado, não exige bactérias patogênicas estabelecidas para indicar a relação desde que somente a incidência de doenças seja medida. Esta técnica pode ser útil para o sistema de desenvolvimento de indicadores bacteriológicos para outros tipos de água.

6.6 Nota atribuída ao indicador

Em que pese as análises de balneabilidade do mar terem resultado própria para banho, exceto o ponto Maloca no dia 03-02-2002, a nota atribuída a este indicador foi 0,5 (média ponderada entre o resultado da balneabilidade do mar e sangradouros), já que os resultados relativos às águas dos sangradouros foram negativos (Tab.21).

Tabela 21. Resultado da análise (média ponderada) da balneabilidade da água do mar e sangradouros.

Balneabilidade da Água					Resultado		
	Categoria	Limite de Coliforme Fecal NMP/100 ml	Notas	Pesos	Mar	Sangradouros	□
					Própria	Excelente	Máximo de 250 em 80% ou mais do tempo
	Muito boa	Máximo de 500 em 80% ou mais do tempo	0.7	1,0			
	Satisfatória	Máximo de 1.000 em 80% ou mais do tempo	0.35	1,0			
	Imprópria	Superior a 1.000 em mais de 20% do tempo ou superior a 2.500 na última amostragem	0	0		0	
				$\Sigma=1$	$\Sigma=$	1,0	0

7. INDICADOR IV - QUALIDADE SANITÁRIA DA AREIA

7.1 Introdução

O crescimento da população, o acúmulo de lixo e a presença de animais, associado às fortes chuvas que lavam a cidade, terminam por carrear para a praia a sujeira. O principal exemplo disso são os canais temporários (sangradouros) de extravasamento de galerias de águas pluviais, geralmente contaminados por lançamento de esgoto clandestino doméstico que conduzem o volume excedente direto para o mar. Enquanto atravessam a faixa de areia das praias, funcionam como corpo de transporte dos enteroparasitos.

O grupo coliformes (totais e fecais) é utilizado atualmente de forma ampla, como indicador da presença de indivíduos patogênicos, porque estão diretamente relacionados à presença de produtos de origem fecal. Dentre os indivíduos patogênicos que podem ser disseminados por fezes de animais de sangue quente estão os enteroparasitos, helmintos e protozoários que habitam o trato intestinal do homem e de animais.

O presente trabalho baseia-se na hipótese de que os coliformes fecais indicam a presença de fezes humanas e de animais, e estes são os principais veículos disseminadores de enteroparasitoses. É possível estabelecer uma relação do índice colimétrico com a presença de enteroparasitas, podendo a colimetria fecal da areia ser utilizada como indicador da qualidade sanitária da areia.

Dentre os diferentes sistemas deposicionais encontrados na zona costeira, o ambiente deposicional eólico (dunas e pós-praia) é o mais freqüentado pela população. Desse modo, faz-se necessário analisar a poluição desse ambiente com o objetivo de reduzir o risco de contaminação da população e a influência do meio antrópico na degradação do mesmo.

7.2 Metodologia

A obtenção de dados referentes à qualidade sanitária da areia é um aspecto importante a ser analisado no ambiente praia.

A coleta de amostras de areia foi realizada em duas estações de coleta ao longo da orla oceânica do município de Capão da Canoa e Xangri-lá: Barondinha (Bo) e Plataforma de Pesca (ATL), respectivamente (Fig. 49). As amostragens foram realizadas em períodos distintos, Janeiro, Fevereiro, Março de 2002.



Figura 49. Localização dos pontos amostrados para análise da qualidade sanitária da areia.

Amostragem: As amostragens tiveram periodicidade quinzenal e foram realizadas nos trechos de maior permanência dos banhistas (pós-praia). No momento da coleta foi demarcada uma área de 2m² (Sanchez, *et al.* 1986) de onde foram retiradas 5 amostras de areia, em torno de 500 g, até uma profundidade de 15 cm, armazenadas em sacos plásticos incolores etiquetados que foram encaminhadas para análise laboratorial.

Análises: A preparação das amostras para análise bacteriológica foi baseada na metodologia estabelecida pela Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA). As

densidades de Coliformes Totais e Fecais (expressas em números mais prováveis – NMP/100 g de amostra) foram determinadas pela fermentação em tubos múltiplos preconizada pelo Standard Methods (American Public Health Association, 1992).

Avaliação da Qualidade Sanitária: Não há padrões sanitários para a areia de praia (sejam microbiológicos ou parasitológicos), envolvendo limites quantitativos e/ou qualitativos, ou mesmo critérios oficiais regularmente oferecidos. Os critérios que mais se aproximam são os utilizados para avaliação de balneabilidade das praias (água do mar) estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1986) estes critérios estabelecem que para recreação de contato primário as águas devem apresentar limites máximos de Coliformes Totais até 5.000 NMP por 100 ml e Coliformes Fecais até 1.000 NMP por 100 ml.

Na prática a qualidade microbiológica da água da praia tem sido avaliada primariamente pelos Coliformes Fecais. Uma grande vantagem da utilização dos coliformes como índice de poluição fecal é o fato de que seu número na água apresenta, com o tempo, um decréscimo semelhante aos das bactérias patogênicas intestinais.

Não há dúvida que comparar a colimetria de areia com os padrões para a água do mar é efetuar um paralelo rigoroso uma vez que na água o contato íntimo é muito maior do que na areia. Entretanto, diversos banhistas especialmente as crianças muitas vezes estabelecem com as areias um contato primário real.

Fatores importantes que também devem ser considerados: As diferenças entre os meios água e areia em termos de homogeneidade e movimentação, os critérios diferenciados de amostragem bem como a menor possibilidade de sobrevivência de indicadores microbianos de poluição na areia do que na água do mar (devido às temperaturas e exposição aos raios solares).

Dessa forma o presente trabalho faz um exercício de comparação dos resultados de colimetria com os padrões para água do mar (balneabilidade).

A avaliação da qualidade sanitária da areia está baseada em dois padrões de avaliação (satisfatório e insatisfatório). Considerando como qualidade satisfatória a areia que apresentou coliformes totais menor ou igual a 5.000 NMP/100 g e Coliformes Fecais menor ou igual a 1.000 NMP/100 g, e como insatisfatório, aquele que apresentou coliformes totais maior que 5.000NMP/100 g, e Coliformes Fecais maior que 1.000 NMP/100 g.

7.3 Resultados para o município de Capão da Canoa

Durante o monitoramento da qualidade sanitária da areia, foram coletadas amostras de sedimentos no pós-praia, área de maior permanência de pessoas.

Os resultados da análise sanitária da areia, coletados no pós-praia, podem ser observados nas tabelas 22 a 27.

Tabela 22. Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 1ª coleta.
Data: 06-01-2002 - Hora: 18:30

Local	Resultados (ufc/100 ml)			Condições climáticas
	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Média Fecais	
BO1	17	11	5,6	Chuva forte durante o dia.
BO2	14	04		
BO3	11	04		
BO4	17	07		
BO5	14	02		
ATL1	14	02	3,8	
ATL2	11	04		
ATL3	14	02		
ATL4	07	04		
ATL5	14	07		

Tabela 23. Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 2ª coleta.
Data: 20-01-2002 - Hora:20:30

Local	Resultados (ufc/100 ml)			Condições climáticas
	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Média Fecais	
BO1	11	02	2,8	Tempo bom.
BO2	09	04		
BO3	14	04		
BO4	11	02		
BO5	11	02		
ATL1	07	02	2,8	
ATL2	14	04		
ATL3	11	02		
ATL4	07	02		
ATL5	14	04		

Tabela 24. Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 3ª coleta.
Data: 03-02-2002 - Hora: 21:10

Local	Resultados (ufc/100 ml)			Condições climáticas
	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Média Fecais	
BO1	17	04	6,6	Tempo bom.
BO2	11	07		
BO3	23	11		
BO4	30	09		
BO5	11	02		
ATL1	33	07	7	
ATL2	26	11		
ATL3	11	04		
ATL4	11	02		
ATL5	33	11		

Tabela 25. Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 4ª coleta.
Data: 24-02-2002 - Hora: 19:10

Local	Resultados (ufc/100 ml)			Condições climáticas
	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Média Fecais	
BO1	17	04	6,2	
BO2	33	07		
BO3	25	09		
BO4	26	07		
BO5	12	04		
ATL1	21	02	6,2	
ATL2	08	02		
ATL3	17	09		
ATL4	33	07		
ATL5	27	11		

Tabela 26. Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 5ª coleta.
Data: 10-03-2002 - Hora: 17:30

Local	Resultados (ufc/100 ml)			Condições climáticas
	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Média Fecais	
BO1	22	04	3,8	Tempo bom.
BO2	21	02		
BO3	26	04		
BO4	22	02		
BO5	33	07		
ATL1	22	02	3,4	
ATL2	17	02		
ATL3	17	02		
ATL4	21	04		
ATL5	33	07		

Tabela 27. Resultado da análise de colimetria em amostras de areia - 6ª coleta.
Data: 24-03-2002 - Hora: 18:00

Local	Resultados (ufc/100 ml)			Condições climáticas
	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Média Fecais	
BO1	14	02	3,2	Chuva durante o dia.
BO2	17	04		
BO3	09	04		
BO4	26	04		
BO5	11	02		
ATL1	33	04	4,2	
ATL2	26	02		
ATL3	14	04		
ATL4	26	04		
ATL5	11	07		

Para melhor visualização dos dados, estes foram compilados nas figuras 50 e 51 apresentadas a seguir.

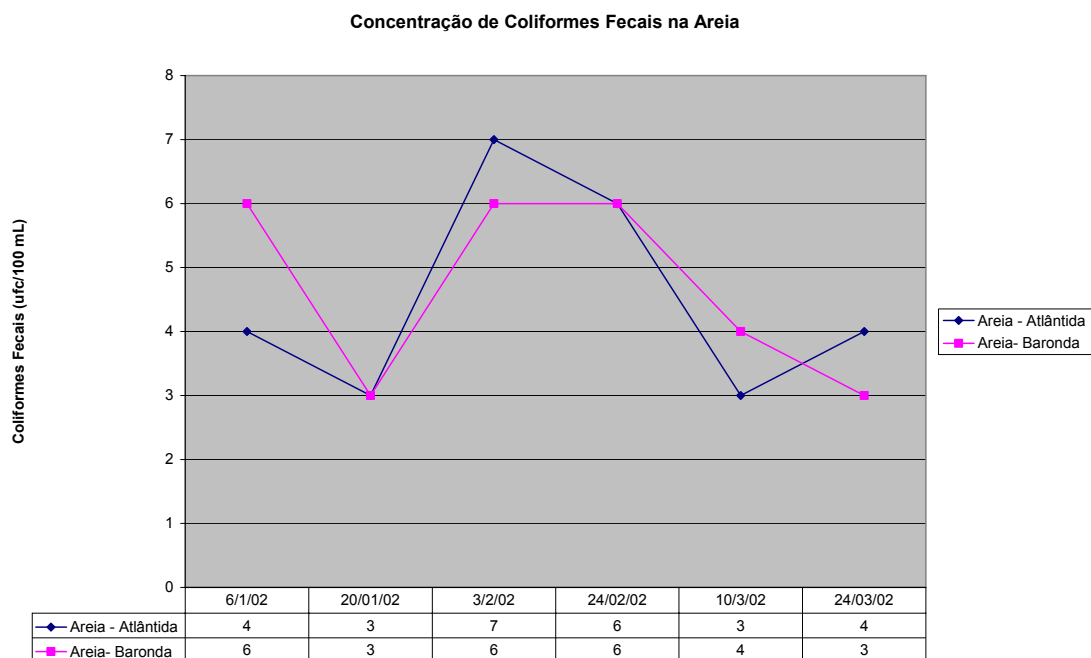


Figura 50. Variação da concentração de coliformes fecais na areia ao longo dos dias amostrados.

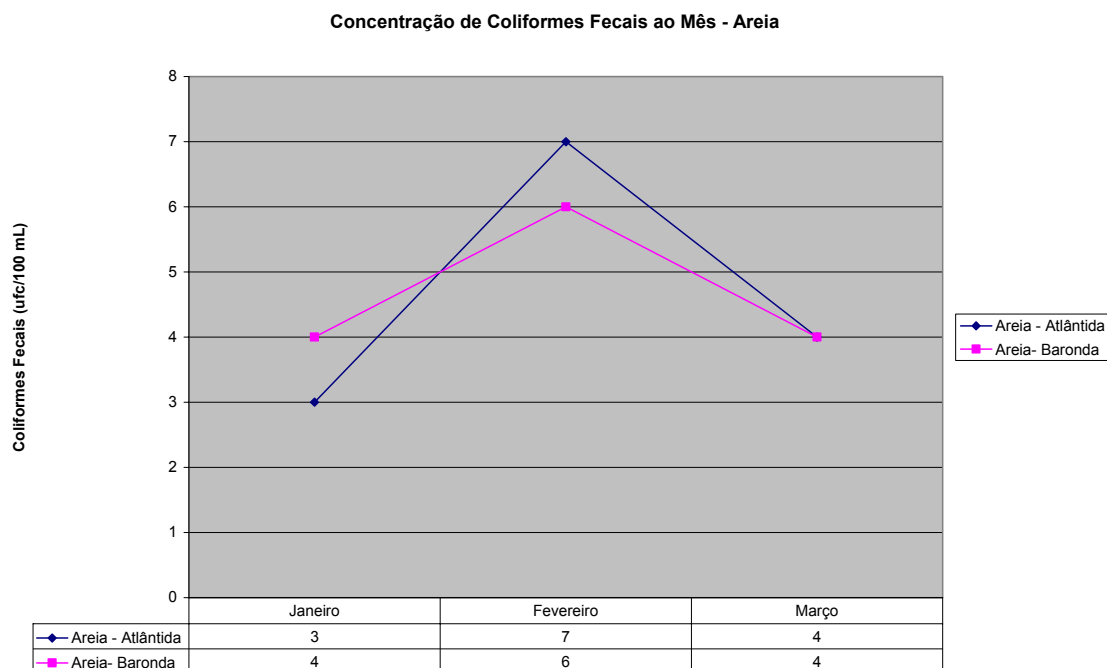


Figura 51. Variação da concentração de coliformes fecais na areia ao longo dos meses amostrados.

7.4 Discussão dos resultados

As amostras de areia apresentaram índices de coliformes totais e fecais bem abaixo do permitido pelo padrão satisfatório, comprovando que esta porção do pós-praia não apresenta riscos à saúde pública.

O ambiente da areia, igualmente ao do mar não é próprio para o desenvolvimento de coliformes fecais, por isso os índices se comparados aos sangradouros foram menores.

O pico de concentração de coliformes fecais também ocorreu no mês de fevereiro, igualmente ao mês-pico da água. Logo, mais um fator a ser correlacionado à concentração populacional e de animais domésticos na praia.

A concentração de coliformes fecais na areia é diretamente proporcional à concentração dos mesmos na água.

No mês de fevereiro houve um aumento na concentração de coliformes fecais, em ambos locais analisados, possivelmente relacionado ao aumento do número de pessoas e animais domésticos neste período.

Outro fator importante é que no verão a altura de onda tende a diminuir, época de tempo bom, devido a menor incidência de ventos do quadrante SE responsáveis pelo desenvolvimento de swells ao longo da costa ocorrendo assim uma menor movimentação da berma. Com a diminuição da ação da onda na berma neste período, e conseqüentemente uma maior permanência da areia no pós-praia aumenta-se a chance de ocorrer uma maior concentração de bactérias neste período do que nos meses de inverno.

7.5 Nota atribuída ao indicador

Devido à qualidade sanitária da areia ter como resultado a faixa de avaliação satisfatória, a nota atribuída para este indicador foi 1 (Tab. 28).

Tabela 28. Resultado da análise da qualidade sanitária da areia.

Qualidade Sanitária da Areia					Resultado	
	Categoria	Limite de Coliforme Fecal NMP/100 ml	Notas	Pesos		
Própria	Excelente	Máximo de 250 em 80% ou mais do tempo	1.0	1,0		1,0
	Muito boa	Máximo de 500 em 80% ou mais do tempo	0.7	1,0		
	Satisfatória	Máximo de 1.000 em 80% ou mais do tempo	0.35	1,0		
	Imprópria	Superior a 1.000 em mais de 20% do tempo ou superior a 2.500 na última amostragem	0	0		
			$\Sigma = 1$		$\Sigma =$	1,0

8. INDICADOR V - DEPÓSITO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

8.1 Introdução

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define saneamento como o controle de fatores que atuam sobre o meio ambiente e que exercem, ou podem exercer, efeitos prejudiciais ao bem estar físico, mental ou social do homem. Dentro dessa definição encaixa-se a Limpeza Urbana que engloba, além de outros serviços, a coleta, o tratamento e a destinação final do lixo ou resíduos sólidos. Como serviço prestado ao público, a Limpeza Urbana deve sua importância basicamente a dois aspectos: - relação direta com saúde do homem através do seu contato com o lixo, diretamente ou de forma indireta, através de vetores transmissores de doenças, como moscas, ratos, baratas, e da contaminação da água e do solo; - a possibilidade de provocar danos ao meio ambiente (solo, água e ar) através do gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos.

No passado o lixo era constituído exclusivamente de matéria orgânica. As concentrações populacionais eram menores. Entretanto, com o crescimento populacional e o avanço do processo de industrialização no sentido de suprir esta demanda, fizeram com que não só houvesse uma maior produção de lixo como também sua composição modificasse ao longo desse período, aumentando a possibilidade de impactar o meio ambiente.

No Brasil, atribui-se ao lixo, segundo a NBR-10.004 – Resíduos Sólidos – Classificação, de 1987, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas, que normatiza providências no sentido de classificação dos resíduos que o compõe) – a denominação de Resíduo Sólido, *residuu*, do latim, significa o que sobra de determinadas substâncias, e sólido é incorporado para diferenciá-lo de líquidos e gases. De acordo com a referida Norma, Resíduos Sólidos são todos aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam da atividade da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, de varrição ou agrícola. Incluem-se lodos de ETAS (Estações de Tratamento de Água) e ETES (Estações de Tratamento de Esgotos), resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, e líquidos que não possam ser lançados na rede pública de esgotos, em função de suas particularidades.

De acordo com o censo de 1996 do IBGE, 76% dos resíduos sólidos urbanos gerados eram descartados a céu aberto, 13% dos resíduos eram colocados em aterros controlados, 10% em aterros sanitários, 0,9% ia para as usinas de reciclagem

e compostagem e 0,1% era incinerado. De lá para cá, infelizmente, o quadro é ainda pior, demonstrando a gravidade da situação.

Neste trabalho foi desenvolvido um método de avaliação, baseado em critérios técnicos, para a seleção de uma área segura para disposição final de resíduos sólidos no Município de Capão da Canoa. Para o entendimento do assunto em questão é importante dar um panorama básico sobre a classificação dos resíduos sólidos, aspectos ambientais, geração dos resíduos, caracterização, aterro sanitário, ecossistema do aterro, aspectos físico-químico, entre outros.

8.2 Conceitos básicos

8.2.1 Critérios adotados para classificação dos resíduos sólidos

De acordo com sua origem, os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- a) urbanos: em que se enquadram os residenciais, comerciais, de varrição, de feiras livres, de capinação e poda;
- b) industriais: em que se inclui um grande percentual de lodos provenientes do processo de tratamento de efluentes líquidos industriais, muitas vezes tóxicos e perigosos;
- c) de serviços de saúde: que abrangem os resíduos sólidos de hospitais, de clínicas médicas e veterinárias, de centros de saúde, de consultórios odontológicos e de farmácias;
- d) radioativos: em que se inserem os resíduos de origem atômica, cujo controle/gerenciamento está, de acordo com a Legislação Brasileira, sob tutela do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN);
- e) agrícolas: em que se agrupam aqueles resultantes dos processos de produção de defensivos agrícolas e suas embalagens.

De acordo com o seu grau de degradabilidade, os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- a) facilmente degradáveis: é o caso da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos de origem urbana;
- b) moderadamente degradáveis: são os papéis, papelão e material celulósico;
- c) dificilmente degradáveis: são os pedaços de pano, retalhos, aparas e serragens de couro, borracha e madeira;
- d) não-degradáveis: incluem-se aqui os vidros, metais, plásticos, pedras, terra, entre outros.

De acordo com a NBR-10.004, um resíduo é considerado perigoso quando suas propriedades físicas, químicas e infecto-contagiosas representam:

- a) risco à saúde pública, caracterizado pelo aumento de mortalidade ou incidência de doenças;
- b) risco ao meio ambiente, quando manuseados de forma inadequada;
- c) dose Letal50 (oral,ratos), que representa a dose letal para 50% de uma população de ratos, quando administrado por via oral
- d) concentração Letal50 que representa a concentração de uma substância que, quando administrada por via respiratória, acarreta a morte de 50% da população exposta;
- e) dose Letal50 (dérmica, coelhos): que representa a dose letal para 50% da população de coelhos testados, quando administrada em contato com a pele. Infelizmente, os testes com doses e concentrações letais não são realizados de forma corrente no Brasil.

A NBR-10.004 estabelece que a classificação dos resíduos deve desenvolver-se com base em cinco critérios de periculosidade:

- a) inflamabilidade;
- b) corrosividade;
- c) reatividade;
- d) toxicidade;
- e) patogenicidade (excluídos os resíduos sólidos domiciliares e aqueles gerados em estações de tratamento de esgotos sanitários). Ocorrendo a impossibilidade de enquadramento dos resíduos em pelo menos um dos critérios citados, a NBR-10.004 estabelece a necessidade de que amostras dos mesmos sejam submetidas a ensaios tecnológicos.

Para resolver esse problema, a ABNT elaborou e vinculou a NBR-10.004; a NBR-10.005- Lixiviação de resíduos-Procedimento; a NBR-10.006- Solubilização de resíduos – procedimento; e a NBR-10.007- Amostragem de resíduos-Procedimento.

A NBR-10.005 – Lixiviação de resíduos- Procedimento, estabelece os critérios para a realização do Ensaio de Lixiviação, que consiste na separação de certas substâncias contidas nos resíduos industriais por meio de lavagem ou percolação.

A NBR-10.006 – Solubilização de resíduos – Procedimento, estabelece os critérios para a realização do Ensaio de Solubilização, visando tornar uma amostra de um resíduo solúvel em água e avaliar a concentração dos elementos ou materiais contidos no extrato.

A NBR-10.007- Amostragem de resíduos- Procedimento, estabelece os critérios de coleta e seleção de uma amostra, que será analisada como representativa de um todo.

A partir desses critérios e ensaios, os resíduos sólidos, são classificados e podem ser enquadrados em uma das classes a seguir:

- Resíduos classe I – perigosos.
- Resíduos classe II – não-inertes.
- Resíduos classe III – inertes.

8.2.2 Aspectos epidemiológicos e ambientais relacionados ao lixo

Embora a disposição inadequada do lixo possa resultar em problemas ambientais relevantes, como, por exemplo, a produção de lixiviados/percolados potencialmente tóxicos pelas altas concentrações de carga orgânica e nitrogênio amoniacal, são pouco comuns os problemas de saúde pública que decorrem do contato das populações com os resíduos sólidos, principalmente os de característica predominantemente urbana.

Lodos frescos provenientes de processos anaeróbios e aeróbios de tratamento de esgotos apresentam grandes concentrações de organismos patogênicos e podem estar sendo codispostos com os resíduos urbanos. No entanto, os próprios processos de estabilização do material orgânico codisposto com estes eventuais materiais, pela elevação da temperatura (processos aeróbios) ou pelas variações significativas de pH (processos anaeróbios), atenuam e diminuem esses processos que podem, em se tratando de matéria fecal de origem humana, ser provenientes de algum organismo doente, desenvolvendo alguma enfermidade de origem fecal. De forma geral, a existência nas massas de resíduos de organismos saprófitos (que se alimentam de animais ou vegetais em decomposição), praticamente elimina a possibilidade da existência de organismos patogênicos (de animais de sangue quente) no lixo. Com isso, fica improvável a ocorrência de problemas de saúde pública.

A disposição dos resíduos sólidos urbanos em lixões (prática ainda em uso), ou nos aterros controlados, ou nos aterros sanitários, não evita a formação de subprodutos como gases (CO_2 , H_2O e CH_4), de lixiviados/percolados (mistura do chorume gerado pela degradação do material orgânico com a água da chuva), que exigem um tratamento adequado, sob pena de criarem impactos ambientais e efeitos estéticos indesejados.

Deve-se ter consciência que inadvertidamente poderão estar sendo codispostos com resíduos sólidos urbanos, resíduos de origem industrial, potencialmente tóxicos. É o caso de lodos de estações de tratamento de esgotos industriais, por exemplo, com grandes concentrações de metais pesados, de efeito cumulativo e irreversível na biota de fundos de rios e lagos. Durante a degradação anaeróbia que ocorre nos aterros, o baixo pH da fase acidogênica favorece a solubilização desses metais, que podem chegar ao ambiente em grandes concentrações.

Um gerenciamento efetivo, com controle rigoroso do material que chega as usinas e aterros supera problemas dessa natureza. É indispensável criar programas, junto a população local, de educação ambiental relevando os vetores que eventualmente venham a proliferar nas usinas e aterros, que são os efetivos veiculadores de moléstias.

Pode-se destacar, dentre os mesmos, os ratos (causadores da peste bubônica e da leptospirose), as moscas (que podem abrigar agentes transmissores de febres, cólera, tuberculose, lepra, varíola, hepatite, amebíase e teníase, os mosquitos (transmitindo viroses, dengue, febre amarela, malária), as baratas (suspeita-se que veiculem o vírus da poliomielite) e as aves, como os urubus (transmissores da toxoplasmose).

Em fim, a utilização de equipamentos de proteção como botas, luvas, macacões, máscaras, entre outros na operação de usinas e aterros, estabelece razoável medida de segurança para o pessoal que labora nesses ambientes.

8.2.3 Geração de resíduos

A evolução da população e a forte industrialização ocorrida neste século determinaram o crescimento vertiginoso de resíduos das mais diversas naturezas, biodegradáveis, não biodegradáveis, recalcitrantes ou xenobióticos, que determinaram um processo contínuo de deterioração ambiental com sérias implicações na qualidade da vida do homem. Enquanto em um passado não muito distante a produção de resíduos era de algumas dezenas de kg/hab/ano, países altamente industrializados, como os Estados Unidos, produzem atualmente mais de 700 kg/hab/ano. No Brasil, o valor médio verificado nas cidades mais populosas é da ordem de 180 Kg/hab/ano.

A geração de resíduos depende de fatores culturais, nível e hábito de consumo, rendas e padrões de vida das populações, fatores climáticos e características de sexo e idade dos grupos populacionais.

A economia de um país infere diretamente na geração de resíduos; em períodos de recessão econômica, a quantidade de resíduos coletados diminui devido ao aumento da reutilização e decréscimo na geração.

Em nível de Brasil, trabalho recentemente desenvolvido pela UNICAMP – Universidade de Campinas, com suporte financeiro da FINEP (Financiadora de estudos e projetos), em região específica daquela comunidade, mostrou que um trabalho direcionado para os três aspectos – redução na fonte, reutilização e reciclagem – representa excepcional alternativa de solução para os resíduos sólidos domésticos.

A complexidade dos resíduos e a evolução constante dos hábitos de vida, sugerem que as propostas de solução para o problema devem ser maleáveis, sempre respaldadas em princípios de educação ambiental da população, o que a integrará responsabilmente à construção de medidas técnicas e ambientalmente corretas.

O consorciamento de lodos com resíduos sólidos urbanos, representa uma alternativa interessante ao processo de digestão anaeróbia totalmente espontâneo, que ocorre nos aterros sanitários. Esses lodos, principalmente aqueles provenientes de tratamentos primários de esgotos sanitários, funcionam como inóculo, enriquecendo a biota da massa de resíduos após a sua adição e acelerando o processo de geração de metano do material orgânico bruto.

O grande problema que surge dessa disposição conjunta, é a quantificação da fração ideal de lodo a ser adicionada aos resíduos sólidos orgânicos.

A bibliografia afirma que não é necessário manter elevadas proporções de lodos de esgotos nas misturas; resultados bastante satisfatórios têm sido obtidos com a adição de apenas 5% de sólidos totais introduzidos, com lodos de esgotos, nas

misturas. Essa adição já promove a redução de sólidos voláteis; estudos realizados no Brasil mostraram que em misturas com lodos, participando estes com percentuais entre 5% e 20%, a redução de sólidos voláteis situou-se em torno de 50% a 55%, enquanto para resíduos orgânicos degradados na ausência destes lodos, a redução observada foi apenas 30%.

As vantagens que decorrem da disposição são:

- a) maior produção de gás metano;
- b) mais rápida estabilidade do percolado (quando recirculado na massa de resíduos)
- c) redução do tempo de bioestabilização da matéria orgânica;
- d) maior concentração da massa bioestabilizada e;
- e) maior e melhor controle do percolado e do biogás produzido, entre outras.

8.2.4 Caracterização dos resíduos sólidos

8.2.4.1 Quantificação

A quantificação da geração de resíduos sólidos urbanos é baseada em índices relacionados ao número de habitantes atendidos pelo sistema de coleta e ao volume de resíduos gerados, materializando a denominada produção *per capita* de lixo. Dado fundamental para orientar o planejamento de instalações e equipamentos que farão parte do serviço de coleta e transporte de resíduos de determinada comunidade.

No Brasil, tem sido adotado correntemente no dimensionamento não só do sistema de coleta e transporte, mas também na disposição final de resíduos sólidos, a produção de 0,5 kg/hab/dia, em termos de contribuição média gravimétrica.

8.2.4.2 Características Físicas e Químicas

A composição física dos resíduos sólidos apresenta as porcentagens, geralmente em peso, das várias frações dos materiais constituintes do lixo. Essas frações normalmente distribuem-se em matéria orgânica/inorgânica. O conhecimento dessa composição é essencial para a definição das diretrizes a serem tomadas, desde sua coleta até o seu destino final.

A composição química dos resíduos sólidos está relacionada principalmente a quantificação de parâmetros como carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, cobre, zinco, ferro, enxofre, a relação C/N, o pH e as concentrações de sólidos totais, fixos e voláteis.

Essa caracterização é de fundamental importância, posto que a partir dela é possível viabilizar o reaproveitamento do material orgânico bruto após seu processamento, aeróbio ou anaeróbio, como corretivo e fertilizante de solos empobrecidos em nutrientes.

Os aspectos físicos e químicos arrolados são, pelas razões expostas, importantes para a definição dos procedimentos a adotar com os resíduos.

8.2.4.3 Aspectos microbiológicos

Os aspectos microbiológicos dos resíduos sólidos estão, principalmente, relacionados à fração orgânica que os compõe, posto que a sua reciclagem pode se realizar por meio da decomposição biológica, levada a efeito pelos microorganismos saprófitos existentes no meio.

A decomposição da fração orgânica de uma massa de lixo pode se dar, assim, por processo aeróbio ou anaeróbio. Na primeira hipótese, a decomposição é muito mais rápida, resultando em subprodutos como gás carbônico, sais minerais de nitrogênio, fósforo entre outros. Por outro lado, a decomposição anaeróbia é lenta, gerando subprodutos em estágios intermediários de degradação, como a amônia e ácidos orgânicos, que são nocivos e contaminantes e gases malcheirosos e tóxicos.

8.2.5 Método de disposição final

Existem três formas principais de disposição final dos resíduos sólidos, são elas: lixões, aterros controlados e aterros sanitários. Devido o município em estudo apresentar o aterro sanitário como método de disposição final dos resíduos, não entrarei no mérito dos demais.

8.2.5.1 Aterro sanitário

O aterro sanitário é uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, dentro de critérios de engenharia e normas operacionais específicas, proporcionando o confinamento seguro dos resíduos evitando assim danos ou riscos a saúde pública e minimizando os impactos ambientais.

Esses critérios materializam-se no projeto de sistemas de drenagem periférica e superficial para afastamento de águas de chuva, drenagens de fundo para coleta do lixiviado, sistema de tratamento para o lixiviado drenado e queima dos gases gerados

durante o processo de bioestabilização da matéria orgânica. Atualmente, cerca de 10% das comunidades brasileiras solucionaram seu problema de disposição de lixo adotando a técnica do aterro sanitário.

8.2.5.2 O ecossistema do aterro sanitário

As características físico-químicas e microbiológicas dos resíduos sólidos urbanos apresentam grande diversidade de cidade para cidade, e são diretamente influenciadas pelas condições sócio-econômicas e culturais de cada região.

A partir da disposição, e independentemente da composição dos resíduos, as populações de microorganismos existentes nos mesmos passam, em condições ambientais favoráveis, a multiplicar-se no ambiente do aterro. A multiplicação desses organismos, dependente principalmente dos aspectos nutricionais que a massa dos resíduos apresenta, transforma o material biodegradável em massa parcial ou totalmente bioestabilizada, e gera interações muito complexas no ambiente dos aterros.

Ao mesmo tempo, o nível de compactação/impermeabilização conferido à massa de resíduos, a precipitação pluviométrica na área do aterro, a variação sazonal da temperatura na região são aspectos exógenos que influenciam definitivamente no desempenho dos aterros.

Embora o caminho da biotransformação dos resíduos sólidos dentro dos aterros sanitários seja o mesmo, conforme sugere a geração de subprodutos que apresenta certa similaridade, a heterogeneidade dos resíduos sólidos de cada comunidade e a técnica executiva do aterro determinando certas condições de contorno são aspectos que sugerem que cada aterro conduz um ecossistema particular (Fig. 52).

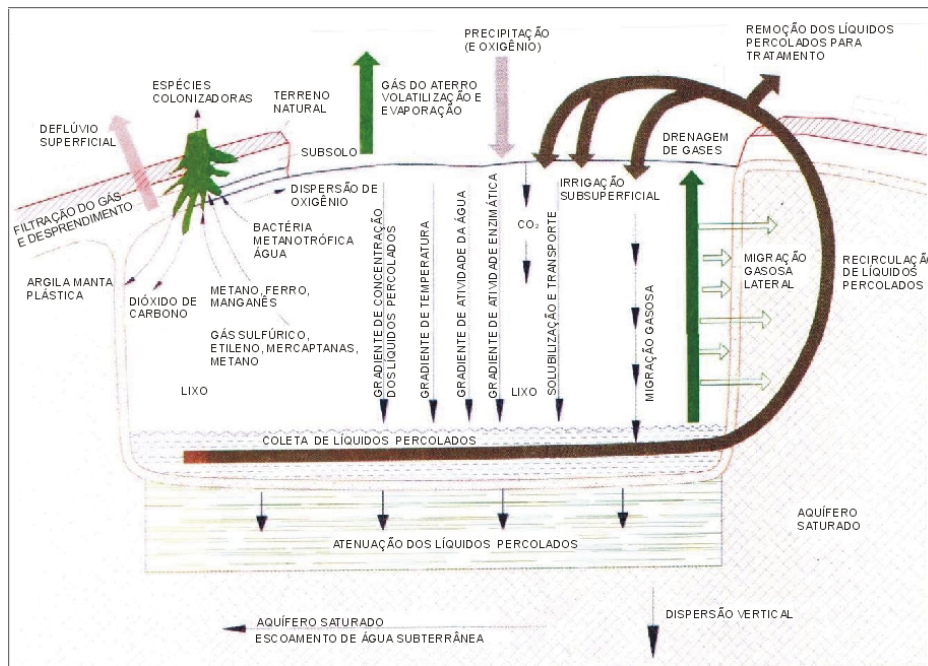


Figura 52. Representação esquemática de um ecossistema do aterro sanitário (Bidone, 1999).

8.2.6 Aspectos gerais

Quando se executa um aterro sanitário, dispendo-se assim os resíduos sólidos de forma adequada, evita-se: problemas como a proliferação de vetores (ratos, moscas, mosquitos etc...); o espalhamento de papéis plásticos e outros materiais leves na cercania do local de disposição; a possibilidade de engorda de animais na área; a fixação de famílias de catadores e a poluição das águas pelo lixiviado.

A fim de evitar os problemas decorrentes dos aterros sanitários alguns cuidados especiais devem ser tomados durante a execução dos mesmos. Entre eles destacam-se a previsão de dispositivos de drenagem e tratamento de gases, drenagem e tratamento de lixiviados e de afastamento o máximo possível das águas pluviais; a canalização de córregos e nascentes existentes no local, o recobrimento diário e sistemático com argila dos resíduos após a sua compactação, o selamento e impermeabilização mínima das células de aterro após o alcance da sua altura útil e a urbanização final do parque são também providências indispensáveis na execução de um aterro.

Outros aspectos referidos como vantagens é a recuperação de energia na forma de gás metano e a produção de fertilizantes orgânico a partir da matéria orgânica bruta, a questão do gás ainda necessita de estudos que comprovem a viabilidade técnico e econômica de tais providências; já no caso da matéria orgânica, o

reaproveitamento do material parcial ou totalmente humificado passa necessariamente por procedimentos de remediação dos locais de aterros, separação da parcela orgânica dos resíduos inertes, complementação do processo de humificação disponibilizando formas solúveis para as plantas.

Existem alguns métodos de operação nos aterros sanitários são eles:

- Método da trincheira : É aplicado quando o local do aterro for plano ou levemente inclinado, e quando a produção diária de lixo não ultrapassar 10 t (Fig. 53). Assim, é um método próprio para pequenas comunidades normalmente com escassos recursos financeiros e sem equipamentos adequados à operação de um aterro convencional. No entanto, em função da morfologia do local do aterro e da forma de operação que se deseja dispensar ao mesmo, é uma solução que pode ser adotada por grandes comunidades geradoras de lixo.
- Método da meia encosta: É utilizado em áreas secas e de encostas, normalmente aproveitado-se o material escavado do próprio local na cobertura do lixo. Esse aspecto caracteriza uma grande vantagem ao método. O aterro é executado depositando-se um certo volume de lixo no solo, o qual é compactado por um trator de esteira em várias camadas, até 3,0 ou 4,0 m de altura. Em seguida, o trator escora, na parte oposta da operação, o material para a cobertura do lixo compactado, formando as células sanitárias.
- Método do aterro superficial: A técnica de execução de aterro superficial é utilizada quando a topografia local permite o recebimento/confinamento dos resíduos sólidos, sem a alteração da configuração local. Nessas áreas, os resíduos são descarregados e compactados formando uma elevação tronco-piramidada, que recebe o recobrimento do solo ao final da operação de um dia. A primeira recebe elevação constitui o paramento necessário para o prosseguimento da célula, em qualquer sentido (Fig. 54).



Figura 53. Escavação de trincheira de pequeno porte com utilização de retroescavadeira (Bidone, 1999).



Figura 54. Célula de aterro sanitário tronco-piramidada executada em área (Bidone, 1999).

8.2.7 Microbiologia e bioquímica

8.2.7.1 Fases da degradação da matéria orgânica

A transformação anaeróbia do material orgânico bruto em bioestabilizado nos aterros sanitários, com a geração do gás metano dá-se em 5 fases (Fig. 55), são elas:

- Fase I: ajustamento inicial;
- Fase II: transição;
- Fase III: formação de ácidos;
- Fase IV: fermentação metânica;
- Fase V: maturação final.

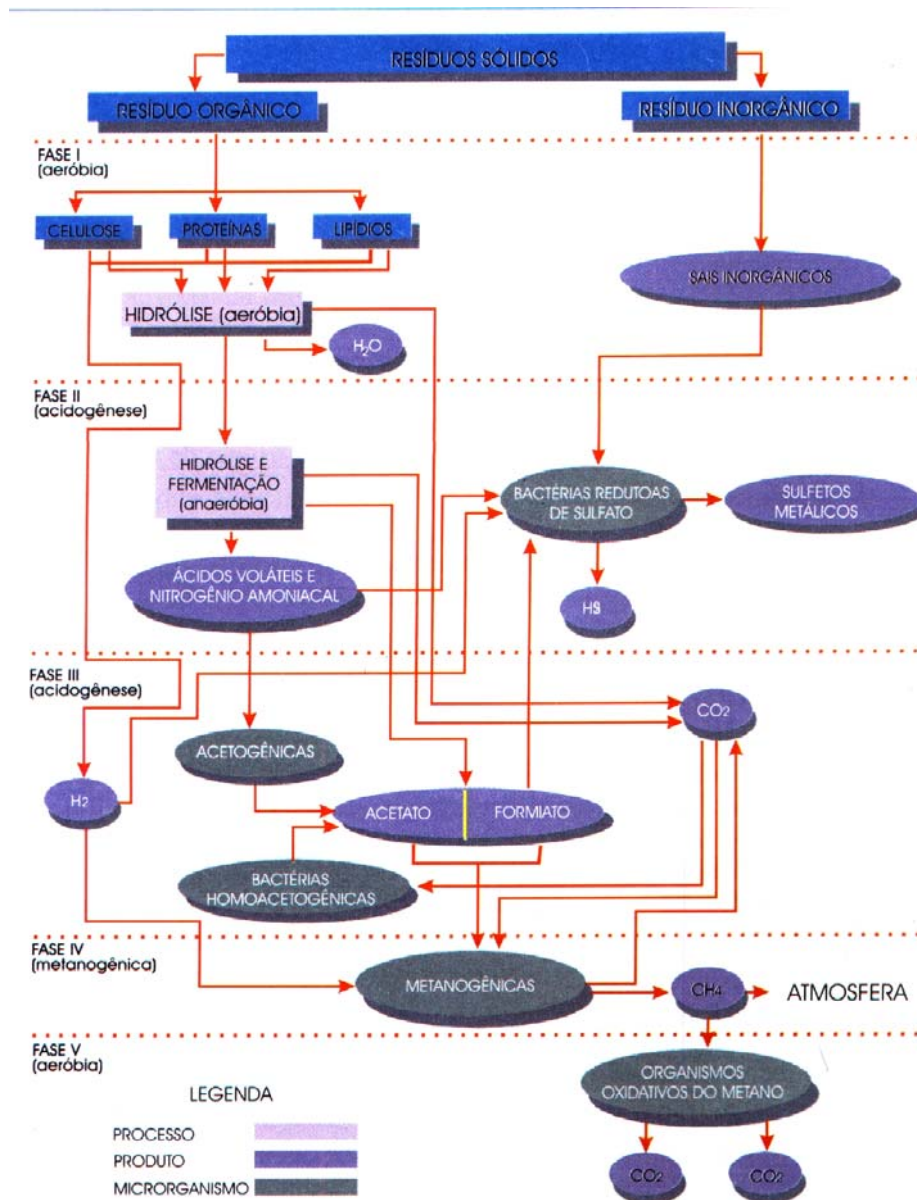


Figura 55. Fases metabólicas e grupos microbianos envolvidos no processo de transformação anaeróbica de resíduos sólidos orgânicos (Cotrim, 1997).

8.2.7.2 Microorganismos participantes da degradação da matéria orgânica

- Bactérias Fermentativas;
- Bactérias Acetogênicas Produtoras de Hidrogênio;
- Bactérias Acetogênicas consumidoras de H₂ ;
- Bactérias Metanogênicas;
- Bactérias Redutoras de Sulfato.

8.2.7.3 Características físicas

- Tamanho das partículas, densidade e homogeneidade;
- Umidade;
- Temperatura;
- pH e eH;
- Nutrientes.

8.2.7.4 Tratamento da matéria orgânica

Compostagem

A compostagem é um processo biológico aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em resíduos estabilizados, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem. É normalmente realizada em pátios nos quais o material é disposto em montes de forma cônica, conhecidos como pilhas ou leiras de compostagem.

Vermicompostagem

A vermicompostagem é um tipo de compostagem na qual se utilizam as minhocas para digerir a matéria orgânica, provocando sua degradação, melhorando o arejamento e a drenagem do material em fase de maturação.

8.2.8 Gerenciamento e operação dos aterros sanitários

O gerenciamento e a operação dos aterros sanitários destinados ao tratamento de resíduos sólidos de origem urbana, devem ser realizados a partir do estabelecimento de medidas que permitam o seu perfeito controle técnico-administrativo e, principalmente, os acompanhamentos das evoluções dos impactos ambientais, sejam eles positivos ou negativos.

A programação que permite a obtenção dos melhores resultados relativo ao gerenciamento e operação de aterros sanitários, deve estar embasada pelo menos nos seguintes aspectos:

- Registro e controle quanti-qualitativo de resíduos sólidos recebidos;
- Inspeção e manutenção sistemática do aterro;
- Definição das providências emergenciais a serem adotadas, no caso da ocorrência de acidentes;
- Estabelecimento de planos de fechamento e encerramento, que visem à minimização de manutenção futura e evitem a liberação de eventuais poluentes para o ambiente;
- Monitoramento de águas superficiais e subterrâneas nas imediações do aterro, de forma a controlar e manter a qualidade destas. No caso de águas superficiais vizinhas aos aterros, amostragens sistemáticas. No que se refere as águas subterrâneas, seu controle qualitativo é realizado por meio da execução de poços de monitoramento que permitam a coleta de água em várias profundidades e possibilitem o mapeamento da pluma de contaminação, caso exista, para tanto, pelo menos quatro poços devem ser implantados em cada aterro, um a montante e três a jusante;
- Estudo e avaliação da geologia e geomorfologia da área.

8.2.9 Legislação e licenciamento ambiental

Código Estadual do Meio ambiente/ lei estadual nº 11.520 de 03.08.2000

Dos Resíduos –

Art. 217 - A coleta, o armazenamento, o transporte, o tratamento e a disposição final de resíduos poluentes, perigosos, ou nocivos sujeitar-se-ão à legislação a ao processo de licenciamento perante órgão ambiental e processar-se-ão de forma e em condições que não constituam perigo imediato ou potencial para a saúde humana e o bem-estar público, nem causem prejuízos ao meio ambiente.

§ 1º - O enfoque a ser dado pela legislação pertinente deve priorizar critérios que levem, pela ordem, a evitar, minimizar, reutilizar, reciclar, tratar e, por fim, dispor adequadamente os resíduos gerados.

§ 2º - O poder público poderá prever, nas diversas regiões do Estado, locais e condições de destinação final de resíduos referidos no *caput* deste artigo, mantendo cadastro que os identifique.

Art. 219 - A segregação dos resíduos sólidos domiciliares na origem, visando ao seu reaproveitamento otimizado, é responsabilidade de toda a sociedade e será gradativamente implantada pelo Estado e pelos municípios, mediante programas educacionais e projetos de reciclagem.

Art. 222 - A recuperação de áreas degradadas pela ação da disposição de resíduos é de inteira responsabilidade técnica e financeira da fonte geradora ou na impossibilidade de identificação destas, do ex-proprietário ou proprietário da terra responsável pela degradação, cobrando-se destes os custos dos serviços executados quando realizados pelo Estado em razão da eventual emergência de sua ação.

8.3 Diagnóstico de Capão da Canoa

8.3.1 Aterro sanitário de Capão da Canoa

O Aterro Sanitário de Capão da Canoa está localizado na Zona de Campos (FEPAM,2000) sotoposto a um ambiente deposicional eólico do sistema barreira/laguna 4 (Fig. 56) caracterizado por areias quartzosas, finas a médias castanho avermelhadas, bem arredondadas e selecionadas. Apresenta raras laminações plano-paralelas ou cruzadas de alto ângulo.

No município de Capão da Canoa a composição física dos resíduos sólidos dá-se conforme a Tabela 29 e a produção diária é de 0,640 kg/hab/dia. Totalizando um volume em kg/dia conforme a Tabela 30:

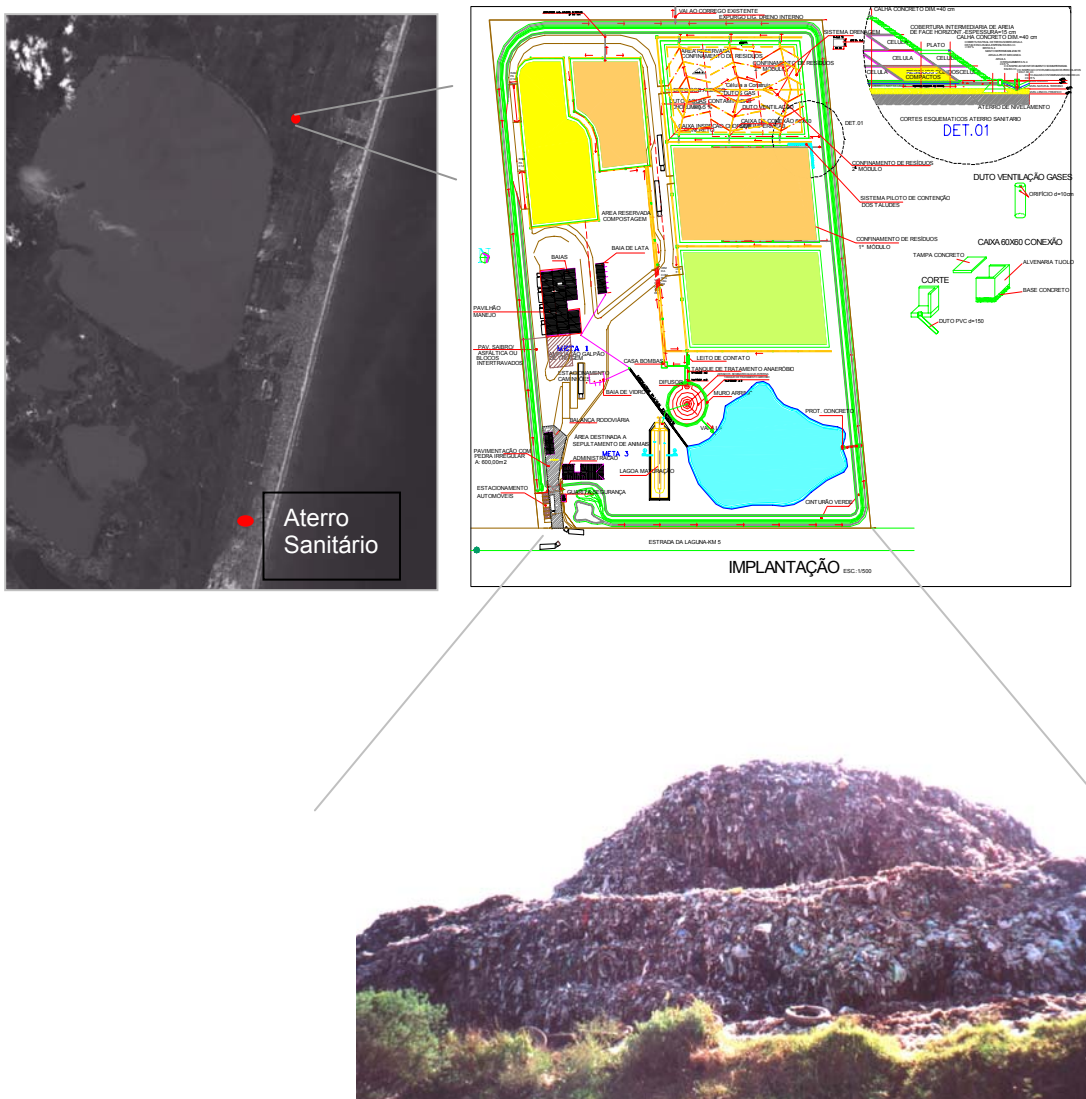


Figura 56. Localização e esquema do aterro sanitário do município de Capão da Canoa - litoral norte do estado.

Tabela 29. Distribuição dos resíduos sólidos urbanos de acordo com sua composição física no município de Capão da Canoa.

Composição física	Distribuição (%)
Papéis brancos	1,60
Papel jornal	2,14
Papelão	5,55
Plásticos mole	0,94
Plásticos mistos escuros	0,85
Plásticos mistos brancos	2,61
Polipropileno	1,16
Polietileno	3,97
PVC	0,11
Vidros	1,08
Vidros quebrados	1,32
Alumínio	5,88
Metais	0,02
Aterrados	
Orgânicos*	37,58
Rejeitos**	35,19

NOTA: * restos de alimentos, tecidos e madeira.

** caliças domésticas, borrachas, papel higiênico, fraldas, absorventes, calçados e eletro-eletrônicos.

Tabela 30. Volume total de resíduos sólidos que chegam no aterro sanitário do município de Capão da Canoa

	Aterrados-Kg/d	Bruto-Kg/d	Recicláveis-Kg/d
Dezembro a março:	58.000	15.793,40	42.206,60
Abril a novembro:	18.300	4.973,09	3.316,91

8.3.2 Metodologia

Para este trabalho foi desenvolvido e aplicado um método de avaliação baseado nas características que cada uma das zonas definidas pela FEPAM, 2000 no litoral norte apresenta quanto à segurança para disposição final dos resíduos sólidos bem como a fiscalização do cumprimento das exigências básicas que incidem sobre o aterro sanitário (Tab. 31) (FEPAM,2004). Sendo assim, o modelo proposto nesse trabalho foi baseado em três critérios básicos para avaliação e locação, caso fosse necessária, da área receptora de resíduos sólidos: o meio ambiente, o uso atual do solo e o contexto institucional.

Tabela 31. Aspectos básicos que um aterro deve apresentar (FEPAM,2004).

Critérios - Área de Depósito de Resíduos Sólidos
Deverão ser preservadas as florestas e demais formas da vegetação nativas conforme lei federal nº 4771/65 e lei Estadual nº 9519/92 bem como a vegetação localizada dos cursos de água nascentes permanentes ou temporárias e topos de morros estabelecidos no art. 3º da resolução 004/85 do CONAMA;
A área deverá estar de acordo com a legislação do uso do solo vigente, municipal, estadual e federal;
O aterro deverá situar-se a uma distância maior que 200m das nascentes, arroios e outros mananciais de água com distância medida horizontalmente a partir da cota máxima de inundação;
O nível de água do lençol freático deverá situar-se no mínimo 2m da base do aterro
O aterro deverá situar-se no mínimo a 2Km e máximo de 15Km de núcleos residenciais;
O aterro deverá manter uma distância mínima de 20m a partir da faixa de domínio de rodovias, estradas e caminhos e de 10m das divisas de propriedade vizinhas;
A área deverá situar-se de forma que os ventos predominantes não soprem em direção a núcleos residenciais;
A declividade da área deverá situar-se entre 2-20%;
A área deverá possuir jazidas de empréstimo próximas ou possuir no local material adequado e suficiente para cobertura dos resíduos sendo que as jazidas e áreas de empréstimo deverão estar licenciadas;
O aterro deverá ter capacidade para receber os rejeitos pelo período mínimo de 10 anos;

A área deverá ter condições de acesso e de operação mesmo em épocas de chuva;

8.4 Resultados e discussões

Dentro das etapas do gerenciamento de resíduos sólidos, a coleta e o transporte estão razoavelmente resolvidos nas zonas urbanas das grandes cidades. Contudo, em termos de disposição final, observaram-se problemas relacionados à falta de critérios técnicos de projeto, operação e monitoramento para a seleção de áreas e implantação desses sistemas. Falando-se de projeto técnico, o aterro do município em estudo não apresenta balança dificultando o levantamento da quantidade de lixo/dia. Além disso, não existe tratamento da matéria orgânica como por exemplo os processos de compostagem ou vermicompostagem e a nível de operação, os catadores não usavam uniformes e equipamentos adequados para a separação do lixo. Baseado nas características geológicas da área e nas restrições de atividades, formuladas pela FEPAM, 2000, o aterro sanitário do município de Capão da Canoa encontra-se na área mais adequada para sua locação. Tendo em vista o levantamento dos aspectos básicos que um aterro deve apresentar este atendeu grande parte das exigências.

8.5 Nota atribuída ao indicador

Devido o aterro sanitário do município de Capão da Canoa condizer com quase todos critérios básicos (8 dos 11) que o mesmo deve apresentar e estar inserido na zona de Campos, a qual é mais favorável para implementação de tal, a nota atribuída para este indicador foi 0,8 (Tab. 32).

Tabela 32. Resultado da análise dos sub indicadores da área de depósito de resíduos sólidos.

Área de Depósito de Resíduos Sólidos	Notas		Pesos		Resultados
Deverão ser preservadas as florestas e demais formas da vegetação nativas conforme lei federal nº 4771/65 e lei Estadual nº 9519/92 bem como a vegetação localizada dos cursos de água nascentes permanentes ou temporárias e topos de morros estabelecidos no art. 3º da resolução 004/85 do CONAMA;	0	1	0,075		0,075
A área deverá estar de acordo com a legislação do uso do solo vigente, municipal, estadual e federal;	0	1	0,075		0,075
O aterro deverá situar-se a uma distância maior que 200m das nascentes, arroios e outros mananciais de água com distância medida horizontalmente a partir da cota máxima de inundação;	<200 m 0	>200 m 1	0,2		0,2
O nível de água do lençol freático deverá situar-se no mínimo 2m da base do aterro	0-2 m 0	>2 m 1	0,15		0
O aterro deverá situar-se no mínimo a 2Km e máximo de 15Km de núcleos residenciais;	<2 ou >15Km 0	2-15Km 1	0,15		0,15
O aterro deverá manter uma distância mínima de 20m a partir da faixa de domínio de rodovias, estradas e caminhos e de 10m das divisas de propriedade vizinhas;	0	1	0,15		0,15
A área deverá situar-se de forma que os ventos predominantes não soprem em direção a núcleos residenciais;	0	1	0,025		0,025
A declividade da área deverá situar-se entre 2-20%;	<2 ou >20% 0	2-20% 1	0,1		0,1
A área deverá possuir jazidas de empréstimo próximas ou possuir no local material adequado e suficiente para cobertura dos resíduos sendo que as jazidas e áreas de empréstimo deverão estar licenciadas;	não tem 0	tem 1	0,025		0
er capacidade para receber os rejeitos pelo período s;	<10 0	>10 1	0,025		0
A área deverá ter condições de acesso e de operação mesmo em épocas de chuva;	0	1	0,025		0,025
			$\Sigma = 1$	$\Sigma =$	0,8

Nota: Áreas selecionadas, se possível, com base em interpretação de fotografias aéreas e cartas topográficas, antes de ir a campo.

9. Modelo Final do Índice de Qualidade de Praia (IQP)

9.1 Aplicação do Índice de Qualidade de Praia ao Município de Capão da Canoa

De acordo com as respostas dos entrevistados (turistas, residentes, e técnicos) (tabelas 33 a 35) os cinco indicadores foram organizados em ordem decrescente de importância (Tab.36) tendo sido aplicado para este fim a fórmula:

$$N_j = \sum_{i=1}^{45} (n_j)_i \quad (1)$$

onde N_j = importância do indicador "j"

$(n_j)_i$ = grau atribuído pelo consultado "i" ao indicador "j" (de 1 a 5)

Tabela 33. Resultado da pesquisa de opinião com turistas.

Entrevistados	Balneabilidade e da água	Qualidade sanitária da areia	Depósito dos resíduos sólidos	Plano de manejo de dunas	Limites de segurança de praia
1	3	2	5	1	4
2	3	4	1	2	4
3	3	5	2	4	1
4	3	5	4	2	1
5	3	5	4	2	1
6	3	2	4	5	1
7	5	4	3	2	1
8	5	3	4	2	1
9	5	4	3	2	1
10	5	4	1	3	2
11	5	4	3	2	1
12	5	3	1	4	2
13	1	4	5	3	2
14	5	4	3	1	2
15	1	2	5	4	3
total $N_j = \sum_{i=1}^{15} (n_j)_i$	55	55	48	39	27

Tabela 34. Resultado da pesquisa de opinião com residentes.

Entrevistados	Balneabilidade e da água	Qualidade sanitária da areia	Depósito dos resíduos sólidos	Plano de manejo de dunas	Limites de segurança de praia
1	1	3	2	5	4
2	2	1	4	5	3
3	3	1	5	4	2
4	2	3	1	5	4
5	5	4	3	1	2
6	1	5	3	4	2
7	5	3	1	2	4
8	4	5	2	3	1
9	5	4	3	1	2
10	3	5	4	2	1
11	1	5	3	4	2
12	5	3	4	1	2
13	3	4	5	1	2
14	4	5	1	2	1
15	4	2	5	3	5
total $N_j = \sum_{i=1}^{15} (n_{j_i})$	48	53	46	43	37

Tabela 35. Resultado da pesquisa de opinião com técnicos.

Entrevistados	Balneabilidade da água	Qualidade sanitária da areia	Depósito dos resíduos sólidos	Plano de manejo de dunas	Limites de segurança de praia
1	3	2	5	4	1
2	4	5	3	2	1
3	3	5	4	2	1
4	5	4	1	3	2
5	4	5	3	1	2
6	5	3	2	4	1
7	5	4	2	3	1
8	5	3	1	2	4
9	1	2	5	3	4
10	4	5	3	2	1
11	5	4	1	3	2
12	1	5	4	3	2
13	2	4	5	3	1
14	3	4	5	1	2
15	3	5	4	2	1
total $N_j = \sum_{i=1}^{15} (n_{j_i})$	53	60	48	38	26
total final normalizado $N_j = \sum_{i=1}^{45} (n_{j_i}) * (10/676)$	2,3	2,5	2,1	1,8	1,3

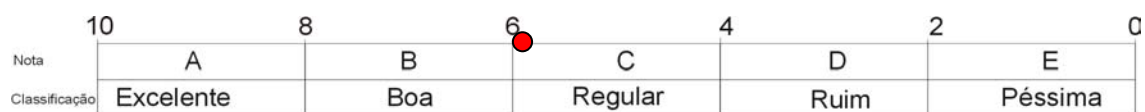
Tabela 36. Resultado em ordem decrescente de importância dos indicadores.

(1º) - Qualidade Sanitária da Areia
(2º) - Balneabilidade da Água
(3º) - Depósito do Resíduo Sólido
(4º) - Plano de Manejo de Dunas
(5º) - Limites de Segurança de Praia

A aplicação dos pesos determinados pela pesquisa de opinião técnica Delphi às notas obtidas pelo município de Capão da Canoa classificou a praia como de tipo C (Tab. 37).

Tabela 37. Aplicação do Índice de Qualidade de Praia ao município de Capão da Canoa.

INDICADORES	Σ (Nota)	Peso	Total
Qualidade Sanitária da Areia do pós-praia	1,00	2,5	2,50
Balneabilidade da água do Mar e Sangradouro	0,50	2,3	1,15
Depósitos dos resíduos sólidos	0,80	2,1	1,68
Plano de Manejo de Dunas frontais	0,30	1,8	0,54
Segurança de Praia Oceânica	0,05	1,3	0,06
	Σ	10	5,93



9.2 Ações mitigadoras

De acordo com esses resultados pode-se sugerir, aos órgãos responsáveis, a seguinte agenda de ações mitigadoras, ordenadas por prioridades para cada Indicador:

9.2.1 Balneabilidade da Água

- Ação 1 - Com base nos resultados de balneabilidade da água, o município de Capão da Canoa, deve aumentar sua rede de tratamento de esgoto, principalmente em direção ao ponto Maloca (Fig. 40, pág.77) onde a concentração de poluentes mostrou-se maior;
- Ação 2 - Intensificar o trabalho de conscientização da população para o correto uso e limpeza da fossa séptica e sumidouro; em paralelo aumentar a ação fiscalizadora sobre as ligações clandestinas no sistema pluvial da cidade.

9.2.2 Limites de Segurança de Praia Oceânica

- Ação 1 - Fazer o estudo da morfodinâmica praial;
- Ação 2 - Criar folhetos ilustrativos e explicativos para auxiliar os frequentadores da praia de como agir em situação de riscos e como se portar em face ao ambiente praial;
- Ação 3 - Implantar bandeiras sinalizadoras de correntes de retorno;
- Ação 4 - Colocar placas sinalizadoras e informativas dos perigos do mar.

9.2.3 Plano de Manejo de Dunas

- Ação 1 - Controlar as causas da erosão;
- Ação 2 - Fazer um estudo mais aprofundado de como minimizar a influência do calçadão no equilíbrio do perfil praial;
- Ação 3 - Criar programas que incentive mais o envolvimento da população na preservação das dunas frontais;
- Ação 4 - Criar cursos de técnicas de manejo de dunas para formar mão de obra especializada;
- Estender o plano de manejo de dunas para outras áreas, relevando os tópicos acima citados.

9.2.4 Qualidade Sanitária da Areia

- Ação 1 - Manter a qualidade sanitária da areia satisfatória para uso.

9.2.5 Área de Depósito de Resíduos Sólidos

- Ação 1 - Criar uma forma de impermeabilizar a área da descarga dos resíduos sólidos, dado que a base do nível do lençol freático nesta região esta a menos de 2m de profundidade da superfície;
- Ação 2 - Pesquisar outra região potencialmente apta a receber as descargas dos resíduos sólidos, já que a vida útil desse aterro está expirando;
- Ação 3 - Encontrar áreas com material adequado e suficiente para cobertura dos resíduos sendo que as jazidas e áreas de empréstimo deverão estar licenciadas;
- Ação 4 - Manter o local para disposição final dos resíduos sólidos em perfeitas condições, respeitando a vida útil do mesmo e a recuperação da área quando esta estiver expirada;
- Ação 7 - trabalhar a conscientização da população na redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos urbanos.

Em que pese à existência de relevantes problemas ambientais, Capão da Canoa é um dos poucos municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul que tem implantado um aterro sanitário sob sua jurisdição. Além disso, está iniciando seu Plano de Manejo de Dunas e apresenta uma qualidade satisfatória de suas areias.

10. CONCLUSÕES

Problemas ambientais como os colocados ao longo desse trabalho podem ser priorizados com base no método proposto do Índice de Qualidade de Praia – IQP.

Esse método parte de uma análise de cinco indicadores na zona de balneários no município de Capão da Canoa. O tratamento dos dados deu-se pela pesquisa de opinião técnica-DELPHI e o sistema binário.

Pôde-se aplicar com sucesso o método no município em estudo, cujos resultados evidenciaram um panorama ambiental que classificou o balneário com o índice C. Foram ressaltados, principalmente, os aspectos abaixo comentados:

* O litoral norte do Rio Grande do Sul é caracterizado por apresentar seu estado morfodinâmico modal entre o tipo dissipativo e o tipo banco e cava longitudinal (1º estágio morfodinâmico de praias intermediárias), com praias suaves, extensas e com grande estoque de sedimentos subaquosos. Baseado nos estudos de Wright & Short, as praias do tipo dissipativa apresentam perigos típicos, sendo necessário criar programas de Gerenciamento e Limites de Segurança de Praia. Tais programas têm como objetivo transmitir o domínio de conhecimentos básicos sobre a dinâmica praias aos banhistas, contribuindo para a redução do número de afogamentos. Infelizmente, o Município de Capão da Canoa ainda não adotou nenhum programa deste gênero.

* As dunas sofreram e sofrem degradações contínuas, tais como, a retirada de areia para construção civil, pisoteio, contaminação da areia pela descarga dos esgotos pluviais, desenvolvimento urbano mal planejado entre outros. Por estes motivos se faz necessário criar um plano de manejo de dunas para minimizar a degradação desse ecossistema. Parte das dunas frontais do Município de Capão da Canoa apresentam-se preservadas, porém, existem áreas críticas no município que já implantou o programa de manejo com o objetivo de recuperar estas áreas. No entanto, ainda falta mão de obra especializada para auxiliar a prática do plano de manejo, a população ainda não criou a conscientização necessária para ajudar na manutenção e preservação das dunas e as mesmas estão sofrendo um processo de erosão intenso consequência da população.

* Muitas pessoas se banham no mar e sangradouros em época de veraneio. Por isso, é necessário monitorar a balneabilidade da água com o intuito de diminuir o número de doenças infecto-contagiosas transmitidas neste tipo de ambiente. Capão da Canoa ao longo do veraneio de 2002 apresentou concentrações altíssimas de coliformes fecais nos sangradouros e, felizmente, concentrações muito baixas na água do mar.

* O lugar mais freqüentado na praia é a faixa de areia, onde milhares de pessoas armam seus guarda-sóis e passam a grande parte do seu tempo. Assim, é de extrema importância controlar a qualidade sanitária da areia para diminuir o número de doenças infecto-contagiosas transmitidas neste tipo de ambiente.

* No passado o lixo era constituído exclusivamente de matéria orgânica. As concentrações populacionais eram menores. Entretanto, o crescimento populacional e o avanço do processo de industrialização no sentido de suprir esta demanda, fizeram com que não só houvesse uma maior produção de lixo como também sua composição se modificasse ao longo desse período, aumentando a possibilidade de impactar o meio ambiente. Desse modo, a implantação de locais adequados para a disposição final dos resíduos sólidos é indispensável em qualquer município. Capão da Canoa é um dos poucos municípios do litoral norte que apresenta um aterro sanitário sob sua jurisdição, sendo fundamental o contínuo monitoramento da eficiência do aterro e o cálculo da vida útil do mesmo. O aterro sanitário de Capão da Canoa, baseado nas condições geológicas onde este foi implantado, encontra-se na área mais indicada para sua construção.

Como vimos, os resultados são importantes para a gestão ambiental de Capão da Canoa, onde foram sugeridas diversas ações mitigadoras ordenadas por prioridades, facilitando a aplicação de recursos em atividades ligadas à conservação e recuperação ambientais.

O Índice de Qualidade de Praia enquanto indicador da qualidade ambiental servirá também como argumento de promoção e valorização turística dos municípios costeiros e balneários. Uma vez aplicado o Índice em um município, haverá uma tendência de despertar uma emulação positiva entre os municípios, resultando no aumento da área de conservação, preservação e de desenvolvimento sustentável na região litorânea.

O Índice de Qualidade de Praia por ser um trabalho inédito e estar na sua fase inicial, apresenta algumas deficiências que poderão, a longo prazo, ser resolvidas através do tratamento dos dados com outros métodos estatísticos, da inclusão de novos indicadores e da adequação multidisciplinar.

Não obstante, foi evidenciada a importância do estudo do gerenciamento costeiro aplicado ao planejamento do desenvolvimento sustentável de modo que a população em geral possa freqüentar as praias do nosso litoral com segurança e qualidade de vida, num ambiente ecologicamente equilibrado.

11. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, L.E.S.B, TOLDO, E.E.Jr, GRUBER, N.L.S. 1999. Avaliação da profundidade de fechamento para o Litoral Norte do Rio Grande do Sul. **Revista da Associação Brasileira de Recursos Hídricos. – ABRH.**

ALMEIDA, L.E.S.B, TOLDO, E.E.Jr, MARTINS, R.R. 1999. The Sea Sled - A Sled for Measuring Bottom Profiles in the Surf Zone. In: Summary of Communications, 1999, Porto Alegre. **Anais da Academia Brasileira de Ciências.** Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. v. 71, p.827.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1992. Standard Methods for the examination of water and waste water, 18th edition. A.P.H.A. Washington DC. p. 9-47 / 9-57.

ANÁLISE de solo, plantas e outros materiais. 1995. **Boletim técnico** n. 5 (2ºed. rev. e amp.) p.4-11.

ANGULO, R. J. 1993. Morfologia e gênese das dunas frontais do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v.23, n. 1, p. 68-80.

ARENS, S.M. & WIERESMA, J. 1994. The dutch foredunes, inventory and classifications. **Journal of Coastal Research**, v. 10, n. 1, p. 189-202.

BAGNOLD, R.A. 1941. **The physics of blow sand and desert dunes.** London: Methuen. 256p.

BERNARDI, H.; CORDAZZO, C. V.; COSTA, C. S. B. 1987. Efeito de ressaca sobre *Blutaparon portulacoides* (St. Hill.) Mears. Nas dunas costeiras do sul do Brasil. **Ciência e Cultura** v. 39, n. 5/6, p. 545-547.

BIDONE, F.R.A. & POVINELLI, J. (1999). **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**, São Carlos: EESC/USP. 120p.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. 1965. **Process and Environments of the Brazilian Quaternary.** Universidade Federal do Paraná, 59p.

BIGARELLA, J.J.; DUARTE, G. M.; BECKER, R.D. 1970/71. Structural characteristics of the dune, foredune, interdune, beach, beach-dune ridge and sand ridge deposits. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 28/29, p. 9-72.

BIRD, E.C.F., 1996. **Beach Management**. Chinchester, England: John Wiley & Sons, 281 p.

BOLLMANN, H.A. & MARQUES, D.M. 2000. Bases para a Estruturação de Indicadores de Qualidade de Águas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos-RBRH**, v. 5 n.1 jan/mar. 2000.

BOWEN, A.J, 1969a, Rip currents. 1. Theoretical Investigations. **Journal of Geophysical Research**, v. 74, p. 5467 - 5478.

CALLIARI, L.J. & KLEIN, AH.F. 1993. Características Morfodinâmicas e Sedimentológicas das Praias Oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. **Pesquisas**, v. 20, n.1, p. 48-56.

CARTER, R.W.G. 1988. **Coastal Environments**. Academic Press, London, 617 p.

CAVEDON, F.S.; DIEHL, F.P., 2000. Praias e Dunas: Proteção Legal e Conflitos de Uso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PRAIAS ARENOSAS, Itajaí, 03 a 06 de setembro de 2000. **Anais...** Itajaí: Univali/CTTMar 2000. p. 348-350.

CHAMBERLIN, C.E.; MITCHELL, R. 1978. A Decay Model of Enteric Bacteria in Natural Waters. In: Ralph Mitchell Ed. **Water Pollution Microbiology**. New York: Wiley. v. 2, p.325.

CLARK, J.R. 1996. **Coastal Zone Management Handbook - N.W.**, Boca Raton, Flórida 33431, 672p.

CLARK, J.R. 1999. **Coastal Zone Management Handbook - N.W.**, Boca Raton, Flórida 33431, 672p.

Código Estadual do Meio Ambiente, CONAMA, 2000. Governo do Estado do Rio Grande do Sul - Secretaria do Meio Ambiente.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 1986. Resolução n. 20 de 18 de Junho de 1986.

CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. 1995. **Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo sul do Brasil**. Rio Grande: editora da Furg. 275p.

CORRÊA, I.C.S.; TOLDO Jr, E.E. 1998. The Sea Level Stabilization in the Rio Grande do Sul Continental Shelf, Brazil. *Academia Brasileira de Ciências*. v. 70, n. 2, p. 213-219.

COSTA E SILVA, C.A.M.; PASTURA, C.P. 2000. Qualidade Sanitária das Areias de Praias do Município do Rio de Janeiro. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária Ambiental**. Rio de Janeiro. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Ambiental. p. 1-7.

COTRIM, S.L. (1997), **Filtros aeróbios percoladores aplicados ao tratamento de lixiviados de aterros sanitários antigos**. 98p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DALRYMPLE, R.A., THOMPSON, W.W. Study of equilibrium beach profiles. In: *International Coastal Engineering Conference*, 15. 1977, Honolulu. **Proceedings of the Honolulu**: ASCE, 1977. p.1277-1296.

DAVIES, J.L.,1964, A Morphogenic Approach to World Shoreline. **Zeitschrift fur Geomorphologie**, 8, Mortensen Sonderheft, 127-142.

DEAN,R.G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: **Proceedings of the Conference of Engineering Dynamics in the Surf Zone**. Sydney. p. 208-214.

DELANEY, P. 1965. **Fisiografia e geologia de Superfície da Planície Costeira do Rio grande do Sul**. Porto Alegre: Escola de Geologia/ UFRGS. Publicação especial n(6. 105p, 8 maps).

DISPERATI, A.A. 1991. **Obtenção e uso de fotografias aéreas de pequeno formato**. Curitiba: UFPR, FUDEF. 290 p.

DMAE 1996, **Técnicas de análises**.

DUFOUR, A.P. 1984. Bacterial Indicators of Recreational Water Quality. **Canadian Journal of Public Health**. V.75, 49-56.

EASTMAN, J.R. **Idrisi for Windows – Manual do Usuário**. Centro de Recursos Idrisi. UFRGS. Porto Alegre, 1997.

FAO, 1988. **Manuel de Fixation des dunes**. Depatemenente de forêts de FAO. Cahier FAO conservation n.18, 57p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, - Fepam. 2000. Diretrizes Ambientais para o desenvolvimento do Litoral Norte RS. **Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental** - n. 1.

GALVIN, C.J. 1968. Breaker type classification on three laboratory beaches. Journal of Geophysical Research, v. 73, p. 3651-3659.

GODOLPHIM, M.F. 1976. **Geologia do Holoceno Costeiro do Município de Rio Grande, RS**. 146f. Dissertação (Mestrado em Geociências) Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GOLDSMITH, V. 1985. **Coastal Dunes**. In: R.A. Davies Jr. (ed.) Coastal Sedimentary Environments, Springer-Verlag, p. 303-378.

GOULD, R, 1997. USLA lifesaving statistics, National Lifesaving Statistics Report 1996. **American Lifeguard Magazine**, v. 13, p. 8-9.

GRUBER, N.L.S; TOLDO, E.E.Jr; BARBOZA, E.G; NICOLODI, J.L. 2000. Equilibrium Beach Profile of the Rio Grande do Sul Coast South of Brazil.

GUZA, R.T.; INMAN, D.L. 1975. Edge waves and beach cusps. **Journal of Geophysical Research**. v. 87, n. 21.

HAMILTON, T.; MORRIS, G.; SETTI, R.M. 1995. Coastal revegetation with Compost and Xeriscape technology. Sand Wars, Sand Shortages & Sand-holdin Structures. In: **Proceedings of the 1995 National Conference on Beach Preservation Technology**.p.181-193.

HOEFFEL, F. 1998. **Morfodinâmica de Praias**. Ed. UNIVALE. Itajaí, Santa Catarina, Brasil. 140p.

JOHNSON, D.W, 1919. **Shore Processes and Shoreline Development**. Hafner, New York, 584 p.

LANFREDI, N.W. e FRAMIÑAM, M. B. 1986. Field Study and Prediction of Longshore. Currents, Argenttino Coast. **Journal of Coastal Research**. v. 2, n. 4, p. 409-417.

LONGUET- HIGGINS, M.S. 1970. Longshore current generated by obliquely incident sea waves 1. **Journal of Geophysical Research**. v. 75. p. 6778- 6789.

MARRA, J.J. 1993. Sand Management Planning in Oregon. **Coastal Zone**, v. 93, p. 1913-24.

MARTINS, L.R. 1967. **Aspectos texturais e deposicionais dos sedimentos praias e eólicos da planície costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Escola de Geologia/UFRGS.102p (Publicação Especial, n. 13)..

MARTINS, L.R. & GAMERMANN, N. 1967. Contribuição à Sedimentologia da Lagoa dos Patos III, granulometria da zona norte e média. Iheríngia série Geologia, Porto Alegre, v. 1, p. 77-86.

MARTINS, L.R.; TOLDO Jr., E. E.; DILLENBURG, S.R. 2002. Erosão Costeira: Causas, análise de risco e sua relação com a gênese de depósitos minerais. **Publicação digital**, cd OEA.

MARTINS, I.R.; PONZI, V.R.; CORREA, I.C. 1978. Processamento Geológico de Amostras – Projeto DNH/CECO. **Notas Técnicas**, Porto Alegre, Ed. da UFRGS, v. 1.

MACKENNA, K.K.; DAVENPORT, S.S.; WADICK, A.K.; Management of the beach/dune system in Texas. The state of art of beach nourishment. In: Texas general Land Office, 1993. **Proceedings of the 1993 national conference on beach preservation technology**. p. 385-398.

MOTTA, V.R. 1969. Relatório Diagnóstico Sobre a Melhoria e o Aprofundamento do Acesso pela Barra do Rio Grande. **Relatório Técnico**. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS. 144p.

MUEHE, D. 1995. Geomorfologia Costeira. In: **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro, ed. Bertrand, Brasil. 472p.

MUEHE, D. 1996. Geomorfologia Costeira. In: CUNHA, S.B., GUERRA, A. J. T. (ed.) **Geomorfologia, Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro, Editora Bertrand do Brasil. 345p.

MUEHE, D. 2001. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1 p.35-44.

MUNARO, P. 1994. **Geologia e Mineralogia do Depósito de Minerais Pesados de Bojuru - RS**. 96f. Dissertação (Mestrado em Geociências) Instituto de Geociências. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NIEDERODA, A.W.; SWIFT, D.J.P.; HOPKINS, T.S. 1984. Shoreface Morphodynamics on Wave Dominated Coasts In: **Marine Geology**. v.60, p.331-354.

NUMMEDAL, D; FINLEY, R.J, 1978. Wind - generated longshore currents. In: **Proceedings International Conference on Coastal Engineering 16th**. ASCE, p. 1428 - 1438.

PFADENHAUER, J. 1978. Contribuição ao conhecimento da vegetação e de suas condições de crescimento nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 38, n.4. p. 827-836.

PRADSON, L.; DIVINS, D.; BUTLER, T.; METZGER, D.; SHARMAN, G.; STEELE, M.; BERGGREN, T.; HOLCOMBE, T.; RAMOS, R. 1999. Exposing the U.S. Coastal Zone. **EOS**, v.80, n. 4. p. 37-42.

PUGH, D.T., 1987. **Tides, Surges and Mean Sea Level**. John Wiley & Sons. Chichester, U.K. 472p.

RECHDEN FILHO, R. C., NICOLODI, J. L. L., TOLDO Jr. E. E., 2000. Análise Sedimentológica do Pós-Praia entre as Localidades da Praia de Torres e o Farol da Conceição. **XIII Semana Nacional de Oceanografia**, Itajaí, Santa Catarina, p. 145.

SANCHEZ, P.S.; AGUDO, E.G.; CASTRO, F.G; ALVES, M.N & MARTINS, M.T. (1986). **Evaluation of the Sanitary Quality of Marine Recreational Waters and Sands from Beaches of São Paulo State, Brazil**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (USP/ICB).

SHEPARD, F.P, EMERY, M.O e LAFOND, E .C, 1941. Rip Currents. A process of geological importance. **Journal of Geology**, v. 49, p. 337 - 369.

SHEPARD, F.P e INMAN, D.L, 1951, Near Shore Circulation. In: Conference Coastal Engineering, 1st., 1951, Long Beach. Council on Wave Research. **Proceedings**, p. 50 -59.

SHORT , A.D. 1979. Three dimensional beach stage modal. **Journal of Geology**. v. 87, p. 553-571.

SHORT, A. D. & HESP, P.A. 1982. Wave, beach and dune interactions in southeast Australian. **Marine Geology**, v. 48, p. 259-284.

SHORT , A.D. 1999. **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. Ed. John Wiley & Sons Ltd. West Sussex, Inglaterra.

SILVA, R. P. 1998. **Ocorrência, Distribuição e Características Morfodinâmicas dos Sangradouros na Zona Costeira do RS: Trecho Rio Grande-Chuí**. Dissertação (Mestrado em Geociências) Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SOIL CONSERVATION SERVICE, 1986. Beach-Dunes: their use and management. Sidney: **Soil Conservations Service of NSW**. 32p.

SOIL CONSERVATION SERVICE, 1990. Coastal Dune Management: A Manual of Coastal Dune Management and Rehabilitations Techniques. Sidney: **Soil Conservations Service of NSW**. 75p.

SORENSEN, McCREARY E BRANDANI, 1992. **Arreglos Institucionales para Manejar Ambientes y Recursos Costeros**. Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island.

TABAJARA, L.L. 2000. Plano Experimental de Manejo de Dunas de Osório-RS. Porto Alegre: Ceclimar/ UFRGS. **Relatório Técnico Conclusivo**. 80p.

TEXAS GENERAL LAND OFFICE, 1991. **Dune Protection and Improvement Manual**. In: Garry Mauro. ed. Austin, Texas, Resource Management and Development. 25p.

THORNTON, E.B & KIM, C.S, 1993. Longshore current and wave height modulation at tidal frequency inside the surf zone. **Journal of Geophysical Research**. v. 98, p. 16509 - 16519.

TOLDO Jr., E.E & MEDEIROS, R.K. 1986. Programa interpolar em linguagem básica para análise estatística e propriedades texturais de amostras sedimentares em computador. **Pesquisas**. Ed. da UFRGS. Porto Alegre. v. 18.

TOLDO Jr., E. E. ; DILLENBURG, S. R.; ALMEIDA, L. E. S. B.; TABAJARA, L. L.; MARTINS, R. R.; CUNHA, L. O. B. P. 1993. Parâmetros Morfodinâmicos da Praia de Imbé, RS. In: **Pesquisas**. IG/UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. v. 20, p. 27- 32.

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**. v. 16, n. 1, p. 75-88.

TOMAZELLI, L. J. 1990. **Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais Holocênicos do nordeste da província costeira do Rio Grande do Sul, com ênfase no sistema eólico**. 270 f. Dissertação (Doutorado em Geociências) Instituto de Geociências, Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TOMAZELLI, L.J. & VILLWOCK, J.A. 1992. Considerações sobre o ambiente praial e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, v. 19, n. 1, p. 3-12.

TOMAZELLI, L.J. 1993. O Regime de Ventos e a Taxa de Migração das Dunas Eólicas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**. IG\UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. v. 20, p.18-26.

TOMAZELLI, L.J. 1994. Morfologia, Organização e Evolução do Campo Eólico Costeiro do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, v. 21, n. 1, p. 64-71.

TOZZI, H.A.M., CALLIARI, L.J. 2000. Morfodinâmica da Praia do Cassino, RS. **Pesquisas**. UFRGS. v. 27, p. 29-42.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, 1984. **Shore Protection Manual**. 4a. ed. Vicksburg, MS: Army Engineer Waterways Experiment Station. v. 2, p.37-53.

VAIL, P.R.; Audemard, F.; Bowman, S.A.; Eisner, P.N.; Perez-Cruz, C. 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology - an overview. *In*: Einsele, G.; Ricken, W.; Seilacher, A. (ed.) **Cycles and Events in Stratigraphy**. Berlin, Springer-Verlag, 617-659.

VERLINDO, A.A. 1999. **Capão da Canoa de ontem e de hoje: 1900-2000** - Porto Alegre: Evangraf, 1999. 125p.

VIEIRA, E. F.; RANGEL, S.R.S., 1988. **Planície Costeira do Rio Grande do Sul: geografia física, vegetação e dinâmica sócio-demográfica**. Porto Alegre. Ed. Sagra. 256 p.

VILLWOCK, J.A. & MARTINS, L.R. 1972. Depósitos Lamíticos de Pós-Praia, Cassino - RS. **Pesquisas**, v. 1, p. 69-85.

VILLWOCK, J.A.; DEHNHARDT, E.A.; LOSS, E.L.; TOMAZELLI, L.J. & HOFMEISTER, T. 1979. Concentraciones de arenas negras a lo largo de la costa de Rio Grande do Sul, Brasil. *Memorias, Seminario Sobre Ecología Bentonica y Sedimentacion de la Plataforma Continental del Atlantico Sur*, Montivideo, UNESCO. p. 405-414.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L. J.; LOSS, E.L.; DEHNHARDT, E.A.; HORN Fº, N.O.; BACHI, F.A.; & DEHNHARDT, B.A. 1986. **Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province**. In: RABASSA, J., ed. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. Rotterdam: A.A. Balkema Publishers, v. 4, 11 p

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L. J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. In: **Notas Técnicas**. IGUFGRS. Porto Alegre, RS, Brasil. v. 8, 45p.

VILLWOCK, JORGE ALBERTO. 2000 A Importância da Geomorfologia para o Gerenciamento Costeiro. In: CASTROGIOVANNI, A. C. (Org.) **Inquietações Geográficas**. Dos Autores, Porto Alegre.

WESCHENFELDER, J.; AYUP-ZOUAIN, R.N.; ZOMER, S.L.C. e SOUTO, R.P. 1997. Caracterização morfológica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS. **Notas Técnicas**, v. 10, p. 35-48.

WHITFORD, D.J e THORNTON, E.B, 1993. Comparison of wind and wave forcing of longshore currents. **Continental Shelf Research**, v. 13, p. 1205 - 1218.

WRIGHT, L.D., GUZA, R.T., SHORT, A.D. 1982. Dynamics of a high energy dissipative surf zone. **Marine Geology**. v. 45, p. 41-62.

WRIGHT, L.D; SHORT, A..D. 1984. **Morphodynamics of Beaches and surf zones in Australia**. In: Komar, P. D. CRC Handbook of Coastal Process and Erosion, Boca Raton, Florida: CRC Press. p. 35-64.

WRIGHT, L.D, SHORT , A.D, GREEN, M.O. 1985. Short term changes in the morphodynamics states of beaches and surf zones: An empirical predictive modal. **Marine Geology**. v.62, p. 339-364.

www.angelfire.com/on/eletron/binario.html

www.estado.rs.gov.br

www.cetesb.gov.br

www.ibge.gov.br

www.ibamapr.hpg.ig.com.br/766188leiF.htm. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988.

Anexo A

Projeto Segurança de Praia



**Como evitar afogamentos
e passar um verão mais seguro.**

Passe as férias com segurança.
Projeto Segurança de Praia.

As Bandeiras

A sinalização através de bandeiras serve para indicar as condições do mar para o banho.

-  **BANDEIRA PRETA.**
(Mar Impróprio para o banho)
-  **BANDEIRA VERMELHA**
(Mar com Restrições)
-  **BANDEIRA AMARELA**
(Mar com Boas condições para o banho)
-  **BANDEIRA AZUL**
(Criança perdida na Guarita)

Esse projeto é realizado em conjunto com o Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO-IG-UFRGS) e a Organização Não Governamental ECOSURFERS e tem como objetivo reduzir o índice de afogamentos em nosso litoral.

Você sabia que...

No verão passado aconteceram 1.175 salvamentos em nossas praias.

70% dos afogados, dos quais 60% são do sexo masculino, estão na faixa etária dos 11 aos 20 anos.

55% dos afogamentos aconteceram em dias de bandeira vermelha e tempo bom com sol.

Dados fornecidos pelo Corpo de Bombeiros do Rio Grande do Sul.

OS 10 MANDAMENTOS DA SEGURANÇA DE PRAIA

1. **NÃO** nade em praias que não estejam protegidas por salva-vidas
2. **NÃO** tome banho fora da área reservada aos banhistas
3. **NÃO** tome banho depois das refeições e sob influência de bebidas alcoólicas
4. **NÃO** nade nos dias de bandeira preta
5. **NÃO** nade ao lado de pedras, plataformas e saída de rios. Nestes locais formam-se correntes de retorno (repuxos) muito fortes, que oferecem perigos para o banho
6. **NÃO** nade sem antes pedir instruções ao salva-vidas
7. **NÃO** se aventure em locais desconhecidos. Principalmente em rios e cachoeiras
8. **NÃO** nade sem ter certeza das suas reais condições físicas
9. **NÃO** lute contra a corrente e o repuxo. Caso seja pego pelo repuxo, nade paralelamente a praia
10. **NÃO** vá longe nos dias de bandeira vermelha

Elaborado Projeto Eco-Sulinas - Projeto Gestão Novo Camarajó

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Instituto de Geociências
Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica
Av. Bento Gonçalves 9500, CP 15001
CEP 91509-900 - Porto Alegre - RS - BRASIL





SUA MARCA AQUI

Anexo A

Passe as férias com segurança.

Projeto Segurança de Praia.



Buracos:

Os buracos (canais) são formados pela ação das ondas sobre o fundo de areia. As variações na altura da onda modificam rapidamente a posição e a formação dos buracos.

Os maiores buracos podem atingir de 2 a 3 metros de profundidade e situam-se a menos de 80 m da beira da praia. A profundidade e a agitação das águas tornam esses locais perigosos para o banho.

Os primeiros socorros para reanimar o afogado são massagem cardíaca e respiração boca a boca.

Telefones Úteis

Polícia	190
Bombeiros	193
Concepa	4892000
Polícia Rod. Estadual	339.8799
Polícia Rod. Federal	371.2021
Pronto Socorro	192
Polição Sonora	382.1530
Disque Ecologia	0800-3333
Disque Procon	151
Disque Turismo	0800-3333
Informações Toxicológicas	608
Plantão Água e Esgoto	171
Plantão Ligue-Luz	171
S.O.S. Criança	0800-3333

"Se você não sabe nadar, não tente salvar quem está se afogando. O risco de afogamento duplo é muito grande, pois, em pânico, a vítima costuma agarrar-se ao corpo de quem tenta salvá-la".



Canal com corrente paralela à praia.

O que são Correntes de Retorno?

As correntes de retorno (ou repuxo) são o resultado das águas trazidas à praia pelo movimento das ondas e que voltam para o alto-mar em forma de pequenos canais.

Como identificar as Correntes de Retorno?

Local em forma de canal, onde as ondas não quebrem (veja a foto ao lado).

Local onde a superfície da água fica menos agitada.

Caiu no repuxo ?

Não fique nervoso! Procure nadar paralelamente à praia até sair da ação do repuxo. Levante o braço e procure flotar o mais visível possível até a chegada do salva-vidas, ou chame alguém que possa ajudá-lo, como os surfistas.

Curiosidade:

As correntes de retorno, no litoral gaúcho, podem atingir velocidades superiores a 3 metros por segundo. O recorde olímpico de natação é de 2 metros por segundo. Portanto, não tente nadar contra a corrente, mesmo um campeão se afogaria.

Dicas para um verão seguro.

Projeto Segurança de Praia.



Preze por sua saúde. Evite o banho em locais poluídos.



Evite acidentes. Não pesque nas áreas reservadas aos banhistas.



A praia não é depósito de lixo. Coloque-o no devido lugar.



Pratique esportes náuticos somente em locais permitidos e sinalizados.



Não perca as crianças de vista e certifique-se de que estão sempre acompanhadas.



Não tome sol sem o uso de protetor solar e evite o sol das 10:00 às 16:00 horas.

Denuncie os problemas ambientais que estão acontecendo na sua praia pelo e-mail ecosurfers@hotmail.com



ECOSURFERS
Estabelecendo e protegendo nossas praias.