



Universidade Federal do Ceará
Centro de Ciências
Departamento de Geologia

**ZONEAMENTO GEOLÓGICO E AMBIENTAL DO COMPLEXO
MINERÁRIO SABIAGUABA/GEREBERABA, SUDESTE DE
FORTALEZA, ESTADO DO CEARÁ**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GEOLOGIA DE APLICAÇÃO**

ADAHIL PEREIRA DE SENA

Dissertação apresentada e defendida
publicamente no dia 29 de outubro de
1998, diante do júri abaixo assinalado.

Presidente (Orientador): Prof. Jáder Onofre de Moraes, MSc., PhD

N.Cham. D 551 S477z

Autor: Sena, Adahil Pereir

Título: Zoneamento geologico e ambiental



13822741

Ac. 32851

BLCM

Prof.ª Loreci Gislaíne de Oliveira Lehugeur, MSc., Dr.

Prof. Paulo da Nóbrega Coutinho, MSc., Dr.

Fortaleza, Outubro de 1998

1
23
741



Universidade Federal do Ceará
Centro de Ciências
Departamento de Geologia

**ZONEAMENTO GEOLÓGICO E AMBIENTAL DO COMPLEXO
MINERÁRIO SABIAGUABA/GEREBERABA, SUDESTE DE
FORTALEZA, ESTADO DO CEARÁ**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GEOLOGIA DE APLICAÇÃO**

ADAHIL PEREIRA DE SENA

Dissertação apresentada e defendida
publicamente no dia 29 de outubro de
1998, diante do júri abaixo assinalado.

Presidente (Orientador): Prof. Jáder Onofre de Moraes, *MSc., PhD*

**Membros: Prof^ª. Loreci Gislaíne de Oliveira Lehueur, *MSc., Dr.*
Prof. Paulo da Nóbrega Coutinho, *MSc., Dr.***

Fortaleza, Outubro de 1998

BSLCM

**ZONEAMENTO GEOLÓGICO E AMBIENTAL DO COMPLEXO
MINERÁRIO SABIAGUABA/GEREBERABA, SUDESTE DE
FORTALEZA, ESTADO DO CEARÁ**

ADAHIL PEREIRA DE SENA

BSLCM

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO
CURSO DE MESTRADO EM GEOLOGIA, COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1998

BSLCM

Esta dissertação intitulada **Zoneamento Geológico e Ambiental do Complexo Minerário Sabiaguaba/Gereberaba, Sudeste de Fortaleza, Estado do Ceará**, foi submetida à Coordenação do Curso de Mestrado em Geologia, como parte dos requisitos necessários a obtenção do Grau de Mestre, na Área de Concentração em Geologia de Aplicação, do aluno **Adahil Pereira de Sena** em 29 de outubro de 1998, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados em sua Biblioteca Central.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

ADAHIL PEREIRA DE SENA

Dissertação aprovada em 29/10/1998.

Dr. Jáder Onofre de Moraes
Prof. Titular da UECE
Orientador

Dr. Paulo da Nóbrega Coutinho
Prof. Titular da UFPE
Membro

Dra. Loreci G. de O. Lehueur
Prof. Adjunto da UFC
Membro

Dr. Fábio Perdigão Vasconcelos
Pró-Reitor de Graduação da UECE
Relator



AGRADECIMENTOS

Antes de expor os resultados desta dissertação, exprimo meu profundo reconhecimento aos professores e aos pesquisadores que me ajudaram a realizar este trabalho.

Agradeço particularmente ao professor Jáder Onofre de Moraes que orientou o estudo durante a elaboração e que, pelos seus conselhos, sugestões, recomendações e disponibilidade, muito contribuiu para a consolidação deste trabalho.

Apresento meus sinceros agradecimentos:

- À Universidade Federal do Ceará - UFC, sobretudo ao professor Clóvis Vaz Parente - Coordenador do Curso de Mestrado, e aos professores do Curso de Mestrado do Departamento de Geologia;
- Ao professor Fábio Perdigão Vasconcelos, pela análise, relato e sugestões;
- Aos colegas e amigos Givaldo Lessa Castro, Helena Maria de Almeida Lessa e Reginaldo Lima Verde Leal;
- À GEOCONSULT - Consultoria, Geologia e Meio Ambiente Ltda., na pessoa de seu Diretor, o amigo Tadeu Dote Sá, e toda a sua equipe, notadamente a geóloga Lucinaura Olímpio, a desenhista Fátima Alves, e ao digitador Marcos Teles;
- Aos amigos da Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE, em especial à bibliotecária Zuleide Leandro, pela normalização bibliográfica.

Finalmente, uma reflexão de agradecimento especial a Deus e, aos meus familiares que me encorajaram ao longo do trabalho.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	I
LISTA DE TABELAS.....	V
LISTA DE FIGURAS	VI
RESUMO	
ABSTRACT	
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - OBJETIVOS	6
2.1 - OBJETIVOS GERAIS.....	6
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	7
4 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	12
4.1 - CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E METEOROLÓGICAS	12
4.2 - CONDIÇÕES FLUVIAIS DOS RIOS PACOTI E COCÓ.....	17
4.2.1 - Rio Pacoti.....	17
4.2.2 - Rio Cocó	18
4.3 - MAPEAMENTO EÓLICO	22
4.4 - GEOMORFOLOGIA.....	30
5 - RESULTADOS DOS PERFIS DE PRAIA	33
6 - EVOLUÇÃO GEOLÓGICA.....	39
6.1 - VULCANISMO ALCALINO	39
6.1.1 - Resultados das Análises da Amostra Coletada na Pedreira de Sueste Ilha de Fernando de Noronha.....	40
6.1.2 - Resultados das Análises da Amostra Coletada no Morro Cararu (CE).....	41
6.2 - FORMAÇÃO BARREIRAS	43
6.3 - SEDIMENTOS LITORÂNEOS.....	43
6.4 - DEPÓSITOS ALUVIAIS	48

7 - DINÂMICA SEDIMENTAR EROSIVA E DEPOSICIONAL	49
8 - TERMINOLOGIAS UTILIZADAS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.....	58
9 - ZONEAMENTO GEOLÓGICO E AMBIENTAL.....	64
9.1 - COMPARTIMENTAÇÃO GEOLÓGICA	64
9.2 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	69
9.2.1 - DINÂMICA SEDIMENTAR.....	72
9.2.2 - ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	73
9.3 - NÍVEL DE RUÍDO	74
9.4 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIÓTICO	75
9.4.1 - Ecossistemas.....	76
9.4.1.1 - Restinga.....	76
9.4.1.2 - Vegetação de Tabuleiro	78
9.4.1.3 - Mangue	80
9.4.2 - Zona Antrópica.....	81
9.5 - SETOR DUNAS	82
9.5.1 - Caracterização Geoambiental.....	86
9.6 - SETOR MORRO CARARU	88
9.6.1 - Zoneamento Minerário	88
9.6.2 - Zoneamento Ambiental.....	89
9.6.3 - Zoneamento Ambiental e Minerário.....	91
9.6.4 - Plano de Recuperação da Área Degradada	92
9.6.5 - Plano de Recuperação Ambiental.....	92
9.6.6 - Estabilização da Encosta do Setor Leste-Sudeste	94
9.6.7 - Acompanhamento do Programa de Recuperação Ambiental.....	102
9.7 - PROPOSIÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS	102
9.7.1 - Considerações.....	102
9.7.2 - Proposição das Medidas Mitigadoras	103
9.8 - PLANOS DE CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL.....	115
9.8.1 - Definição e Controle das Áreas de Interesse Ecológico	115
9.8.2 - Plano de Proteção à Fauna e à Flora.....	116
9.8.3 - Plano de Proteção ao Trabalhador	116
9.8.4 - Plano de Segurança da Área da Mina	117
9.8.5 - Plano de Proteção e Combate à Poeira	118
9.8.6 - Plano de Controle de Ruídos.....	119
9.8.7 - Plano de Controle dos Processos Erosivos	120
9.8.8 - Recuperação e Reabilitação das Áreas Degradadas	122

10 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	125
11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128

**ANEXO I - MAPA DE ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO COMPLEXO
MINERÁRIO SABIAGUABA/GEREBERABA - ESCALA 1:10.000**

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Coordenadas geográficas das estações de perfilagem topográfica.....	10
Tabela 4.1 - Principais registros da estação meteorológica de fortaleza.....	14
Tabela 9.1 - Limites de tempo de exposição a ruídos, conforme Norma NR-15	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da área.....	2
Figura 1.2 - Planta de situação da área.....	3
Figura 3.1 - Fotografia evidenciando a realização dos perfis de praia. Observa-se a existência da vegetação de restinga e a formação de lagunas. Setor situado na margem esquerda da desembocadura do rio Pacoti.....	8
Figura 3.2 - Desembocadura do rio Pacoti. Constata-se a disposição de resíduos sólidos (lixo) na faixa praial e a ocupação inadequada de setores sob influência direta do sistema praia - manguezal. Observa-se os arenitos de praia (beach rocks) e ao fundo a praia do Porto das Dunas (Beach Park).....	9
Figura 3.3 - Localização dos perfis de praia.....	11
Figura 4.1 - Precipitação pluviométrica.....	13
Figura 4.2 - Distribuição da precipitação pluviométrica.....	15
Figura 4.3 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 10 metros - Ano Base: 1993 - Fonte: COELCE.....	24
Figura 4.4 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 10 metros - Ano Base: 1994 - Fonte: COELCE.....	25
Figura 4.5 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 10 metros - Ano Base: 1995 - Fonte: COELCE.....	26
Figura 4.6 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 30 metros - Ano Base: 1995 - Fonte: COELCE.....	27
Figura 4.7 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 10 metros - Ano Base: 1996 - Fonte: COELCE.....	28
Figura 4.8 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 30 metros - Ano Base: 1996 - Fonte: COELCE.....	29
Figura 4.9 - Mapa geomorfológico simplificado.....	31
Figura 5.1 - Levantamento topográfico - perfis de praia - correlação entre perfis compostos por 6 pontos na mesma data.....	34
Figura 5.2 - Levantamento topográfico - perfis de praia - correlação entre perfis compostos por 6 pontos na mesma data.....	34
Figura 5.3 - Levantamento topográfico - perfis de praia - correlação entre os perfis 01 A e 01 G; 02 A e 02 G; 03 A e 03 G nos meses de abril e outubro de 1997....	35
Figura 5.4 - Levantamento topográfico - perfis de praia - correlação entre valores obtidos no perfil 01 no período de abril de 1997 a maio de 1998.....	36
Figura 5.5 - Levantamento topográfico - perfis de praia - correlação entre valores obtidos no perfil 02 no período de abril de 1997 a maio de 1998.....	37

Figura 5.6 - Levantamento topográfico - perfis de praia - correlação entre valores obtidos no perfil 03 no período de abril de 1997 a maio de 1998.....	38
Figura 6.1 - Mapa geológico simplificado	44
Figura 9.1 - Fotografia da embocadura do rio Cocó (margem direita). Observa-se a exposição de uma berma e cordão dos arenitos de praia (beach rocks) na zona de rebentação.	65
Figura 9.2 - Detalhe dos arenitos de praia que servem de proteção à foz do rio Cocó por dissipação das ondas na zona de rebentação.....	65
Figura 9.3 - Outro detalhe dos arenitos de praia e da camada de conchas de pelecípodos que formam os níveis de acreção destes arenitos na região da foz do rio Cocó.....	66
Figura 9.4 - Evidências do nível conglomerático que começa a ser observado nos arenitos de praia à proporção que se afasta da foz do rio Cocó.	66
Figura 9.5 - Mosaico aerofogeográfico da região e das áreas mineradas de Sabiaguaba/Gereberaba. Ao norte, observa-se o rio Cocó e as dunas móveis; ao centro, o conjunto de alvos de extração de areias e a cava residual de antigos alvos de extração garimpeira, em contato direto com a rodovia de acesso Fortaleza-Cofeco; ao sul, aspecto da lavra nas encostas do morro Cararu, e logo em seguida, o rio Pacoti. Escala - 1:25.000.	70
Figura 9.6 - Vista panorâmica dos alvos de sedimentos arenosos utilizados no processo de extração mineral. Observa-se que as dunas móveis e fixas são mineradas. Destaca-se a descaracterização da paisagem natural e, sobretudo a degradação ambiental do setor sul (cava residual).	71
Figura 9.7 - Fotografia dos alvos de extração de interesse das empresas T. H. Bessa, Rui Caminha, J. Alexandre Areia (IMPROL) e J. A. Carvalho. Constata-se em primeiro plano antiga área minerada e em processo de recuperação. Em segundo plano, observa-se as dunas fixas e móveis sendo mineradas.	83
Figura 9.8 - Fotografia evidenciando o desmonte de duna móvel. Porém, constata-se que o caminho de acesso foi implantado em área considerada pela legislação como de preservação (reserva ecológica). Ressalte-se que a extração nesta área é considerada de risco potencial, sobretudo por tratar-se de dunas móveis e pela verticalização dos taludes. Área de interesse da IMPROL.	84
Figura 9.9 - Vista aérea oblíqua da região de Gereberaba. Observa-se em primeiro plano a cava de antigos alvos minerados e o lago formado pela acumulação de água pluvial na área degradada. À esquerda, a rodovia e acesso Fortaleza-Porto das Dunas (Beach Park). À direita, o morro Cararu e a encosta em processo de extração de fonólito. Verifica-se a degradação também deste setor.	93

RESUMO

É definido neste trabalho a situação geoambiental do Complexo Minerário Sabiaguaba/Gereberaba, no Estado do Ceará.

Esta região, embora represente um dos principais corredores turísticos do Ceará, face aos recursos naturais existentes, vem sofrendo atividade garimpeira e lavra mineral de forma predatória, culminando com a descaracterização paisagística, ocasionada sobretudo, pelo desmonte de ecossistemas de dunas, supressão da vegetação e, conseqüentemente, provocando a degradação do patrimônio natural.

Executou-se estudo detalhado dos alvos das intervenções antrópicas, através da realização de mapeamento geológico na escala 1:5.000, perfis de praia durante o período de doze meses, análise de amostras de rochas coletadas em campo, identificação das condições ambientais, dos problemas existentes, definições das áreas de ocupação e seus usos, e os principais impactos sócio-ambientais.

Através do zoneamento geoambiental os problemas foram evidenciados, sendo sugeridas alternativas de adequação do aproveitamento dos recursos minerais, recuperação de antigas minas abandonadas e a compatibilização da atividade minerária visando o controle, a proteção e a preservação ambiental.

É proposto para o Setor Dunas o aproveitamento das areias, respeitando a legislação ambiental, e a implementação de plano de recuperação ambiental das áreas degradadas, com a aplicação conjunta de métodos físicos (remoldagem do relevo) e métodos biológicos (revegetação), devendo ser estabilizadas as encostas, removidos os taludes instáveis, a terraplenagem dos setores críticos, a sistematização do piso final da área e a cobertura da superfície sistematizada. A mesma deverá ser monitorada, visando solucionar quaisquer problemas.

Para o Setor Cararu é proposto o desenvolvimento da lavra, das medidas mitigadoras dos impactos negativos da atividade antrópica, dos planos de controle e monitoramento ambiental.

Assim, com a realização destas proposições, vislumbra-se um prognóstico ambiental satisfatório, com a adequação das atividades extrativas à qualidade ambiental.

ABSTRACT

The area where this work is taking place, in spite of being one of the main passageway for tourism in Ceará State, is undertaking predatory exploration and exploitation of its existing natural resources. This leads to a dune and vegetational ecosystems degradation causing characterless landscapes.

This work concerns geoenvironmental condition of the Sabiaguaba/Gereberaba Mining Complex, in Ceará State, Northeastern Brazil.

The area under human action has been studied focusing a geological mapping at a 1:5.000 scale, twelve months beach transects, definitions for use and occupation and the environmental impacts.

Throughout the geoenvironmental zonation the outstanding problems were revealed outwardly. Then, alternatives for an adequate and advantageous use of mineral resources, reclamation of derelict mines and social measures have been suggested.

The environmental laws have to be strictly followed in case of the dune sector exploitation together with the recuperation environmental plan including the landform remake, revegetational methods, slope stability, remove and getting rid of the residues, and the taking up of a criterious monitoring plan.

The same actions are to be considered relating to the Cararu sector where the rock extraction in process must be attached to control and monitoring plans in addition to a clear set of rules for mitigation.

This framework is the solely way for visualizing the environmental prognostic with the extractives actions keeping pace with the environmental quality.

1 - INTRODUÇÃO

A área em estudo está situada em domínios territoriais dos municípios de Fortaleza e Eusébio, inserida na Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, mais precisamente a sudeste de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil, limitada pelas desembocaduras dos rios Cocó e Pacoti (Figuras 1.1 e 1.2). Inclui ainda zona transicional de plataforma interna adjacente, e em direção ao interior agrega áreas pertencentes ao Complexo Lagoa Precabura/Sapiranga e morro Cararu, perfazendo aproximadamente 14 km² (7 km no sentido NW-SE e 2 km no sentido NE-SW). A área corresponde a um polígono irregular de quatro lados de vértices A, B, C e D, cujas coordenadas UTM encontram-se transcritas abaixo:

VÉRTICE	LATITUDE	LONGITUDE
A	9582800mN	558300mE
B	9583400mN	562900mE
C	9576500mN	564900mE
D	9577300mN	566500mE

Esta área, vem sendo utilizada há décadas na atividade garimpeira mineral de forma desordenada e predatória, carecendo contudo, de medidas de controle e recuperação ambiental. Saliente-se, no entanto, que esta atividade é de importância inequívoca do ponto de vista social e econômico.

Em face disto, este trabalho partiu da premissa de que a atividade minerária vem a depender de fatores como a influência dos condicionantes climáticos da região, disposição dos elementos físicos, geológicos e biológicos de seu ecossistema, método de lavra empregado, previsão da forma e tamanho da cava final, e volume de estéril produzido. De posse do conhecimento destes fatores, bem como das características ambientais atuantes na região da área de mineração, das técnicas dos trabalhos de extração do minério, e da evolução da lavra, é que se torna possível a elaboração de propostas de recuperação da área minerada.

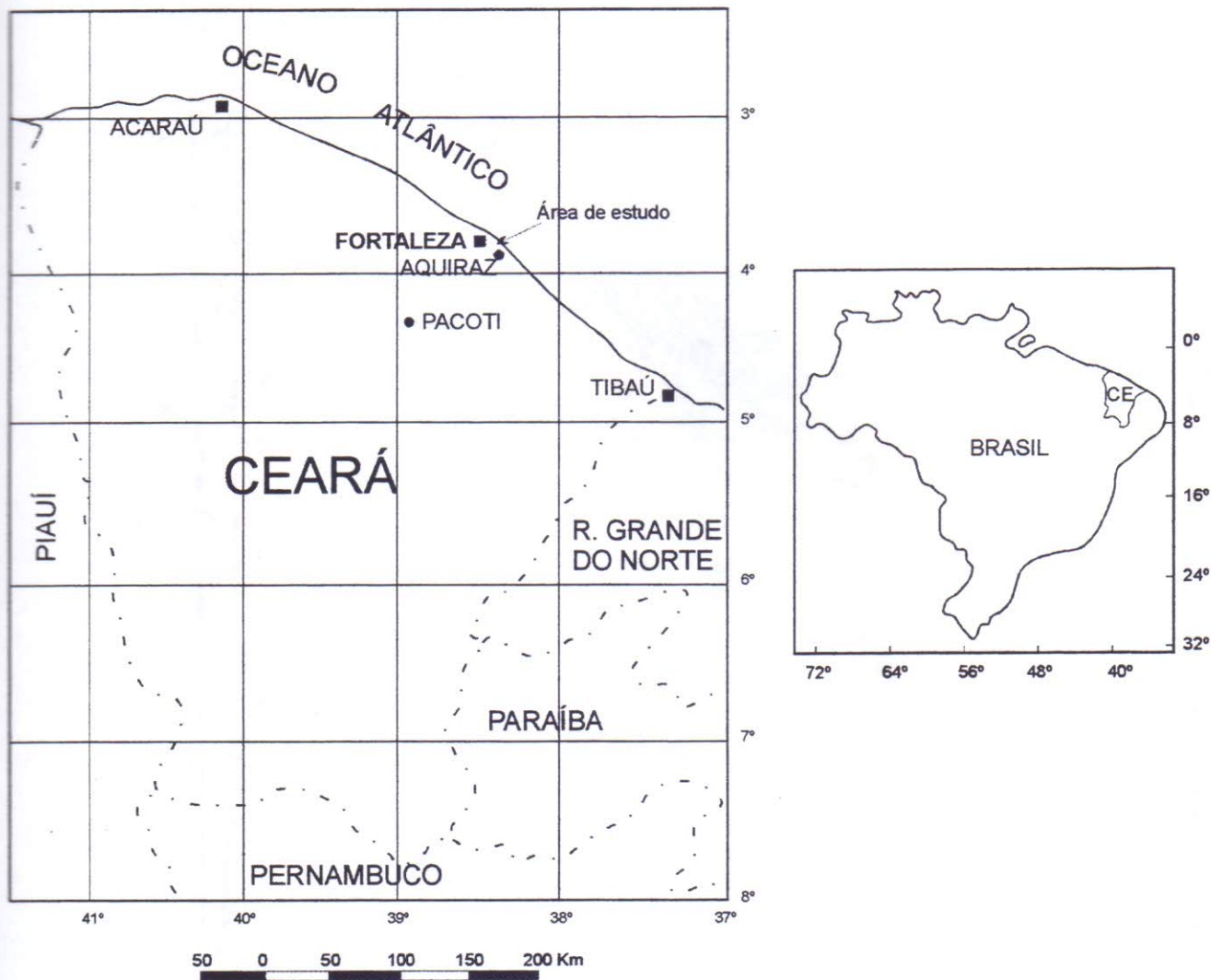


Figura 1.1 - Localização da área

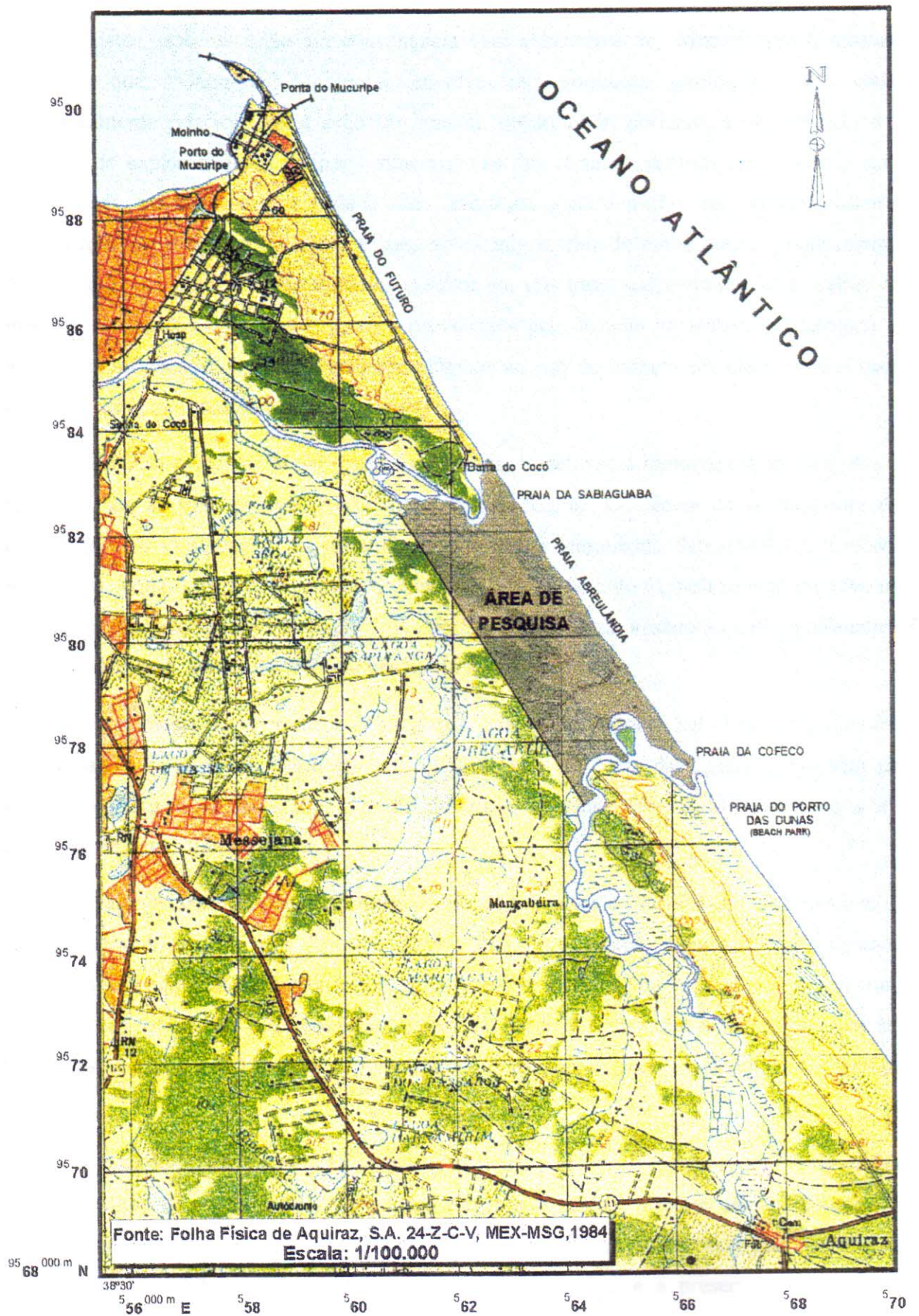


Figura 1.2 - Planta de situação da área

Estes aspectos estão em consonância com a assertiva de Morais (1980), quando assegura que “Geologia Ambiental envolve os problemas geológicos que estão intrinsecamente relacionados à ação do homem, constituindo portanto, a organização e o controle da exploração dos recursos minerais; uso dos recursos naturais renováveis e suas implicações ecológicas; estabilidade das encostas; determinação da erosão costeira; composição de sedimentos de rios e suas ações migratórias de embocadura; planejamento geológico e ambiental urbano; minerais pesados em estuários, sua mobilização e efeitos de mistura; estudo dos poluentes naturais e provocados pelo homem no ambiente geológico, e ainda a significação dos estudos sedimentológicos no uso do homem em áreas transicionais costeiras, tais como portos e vias navegáveis”.

Embora as dunas estejam sendo mineradas, ressalte-se a importância da área para o turismo, face às suas belezas paisagísticas, sobretudo pela existência de ecossistemas de dunas, lagunas e as praias da Abreulândia (também denominada Sabiaguaba) e Cofeco. Saliente-se ainda, dentre outros empreendimentos, a existência do Complexo Aquático Beach Park, importante local de visitação turística do Estado do Ceará, situado a quatro quilômetros aproximadamente, a leste da embocadura do rio Pacoti.

Atualmente encontra-se em instalação a Rodovia Litoral Sul (CE-025), também denominada Rodovia Sol Nascente, que ligará a praia do Porto das Dunas ao distrito de Prainha, no município de Aquiraz. O referido empreendimento está sendo implantado sobre ambiente de dunas fixas e móveis.

Haja vista que as praias de Abreulândia e Cofeco estão associadas, respectivamente, às desembocaduras dos rios Cocó e Pacoti, ocorrem esporões arenosos que originam processos sedimentares e hidrodinâmicos, provocando a migração da foz dos respectivos rios. Estes fatores associados aos processos eólicos promovem a acumulação de sedimentos ao longo destas praias e a conseqüente formação de dunas, consistindo na dinâmica sedimentar da região.

Levando-se em consideração que estas dunas vem sendo desmontadas e agredidas pelos trabalhos de extração de seus sedimentos, é que propomos neste estudo, através de zoneamento geológico e ambiental, uma série de atividades e metodologias visando a recuperação e reabilitação ambiental dos setores degradados, e a preservação de outros considerados reservas ecológicas. Salienta-se a possibilidade de desenvolvimento do processo extrativo mineral em alguns setores passíveis de serem utilizados, juntamente com a aplicação

de técnicas e medidas de controle ambiental que culminem na proteção do ecossistema do denominado Complexo Minerário Sabiaguaba/Gereberaba.

2 - OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVOS GERAIS

Proceder o estudo da atual magnitude de degradação da área devido a atividade mineral e propor alternativas viáveis de sua recuperação, visando o planejamento do uso futuro dessa área urbana no contexto da Região Metropolitana de Fortaleza.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Estabelecer o zoneamento geoambiental da área;
- ✓ Propor medidas que visem a minimização dos impactos ambientais decorrentes da atividade em causa;
- ✓ Propor estratégias para aplicação de técnicas alternativas de recuperação da área;
- ✓ Propor um programa de recuperação e monitoramento ambiental;
- ✓ Propor novas frentes de extração mineral possíveis de serem executadas;
- ✓ Proceder o planejamento do uso futuro da área, após recuperação, visando uma nova utilização, dentro do contexto urbano da Região Metropolitana de Fortaleza.

3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os estudos foram iniciados no segundo semestre de 1996, com o levantamento e compilações da bibliografia existente sobre o assunto e área específica, utilizando-se o Centro de Documentação da Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE e a Biblioteca Central da Universidade Federal do Ceará.

Posteriormente, foram realizadas interpretações geológicas de fotografias do Serviço Aéreo Cruzeiro do Sul - SACS, escala 1:25.000 e, concomitantemente visitas de campo, mapeamento geológico preliminar, reuniões, discussões em campo e em escritório com o professor orientador.

No início do ano de 1997 foram iniciados o mapeamento geológico de detalhe (escala 1:5.000) e os estudos ambientais, bem como mantidos contatos com os mineradores do local.

Para informações sobre a geologia local foram realizados, além de sobrevôos, mapeamento geológico preliminar e mapeamento geológico detalhado utilizando fotografias aéreas (escala 1:10.000 e 1:5.000), baseados em levantamentos de dados existentes na CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Secretaria do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente - SDU, Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE e Superintendência do Desenvolvimento Urbano do Estado do Ceará - SEDURB.

Os levantamentos da linha de costa foram realizados de abril de 1997 a março de 1998, através de estudos geológicos e perfis topográficos (Figuras 3.1 e 3.2), para observação do comportamento dos processos sedimentares versus atividades antrópicas, seja pela exploração mineral ou simplesmente pela construção de edificações.

Em 1997, foram realizados dois sobrevôos na área litorânea - setor leste entre as desembocaduras dos rios Cocó e Pacoti e, as lagoas de Sapiranga e Precabura, no limite Sul, utilizando-se helicópteros pertencentes a TAF - Linhas Aéreas e ao Grupo Cidade de Comunicação, ambos contratados pelo Governo do Estado do Ceará. A utilização dos sobrevôos foi de suma importância para observação visual das possíveis áreas atuais de ocupação, erosão e assoreamento.

Haja vista que durante a execução de pesquisa bibliográfica foi constatado a existência de estudos relacionados entre o morro Cararu e o arquipélago de Fernando de Noronha, achou-se conveniente fazer estudo comparativo entre ambos.

Foram coletadas amostras de sedimentos nas praias de Abreulândia e da Cofeco, e amostras no morro Cararu, no Estado do Ceará e na Pedreira de Sueste, no arquipélago de Fernando de Noronha, no Estado de Pernambuco, visando correlacioná-las quanto ao tipo de atividade vulcânica.

Para conhecimento da degradação das áreas já mineradas ou em desenvolvimento de lavra, foram realizadas várias visitas e acompanhamento de campo, visando o mapeamento geológico e zoneamento ambiental de detalhe.



Figura 3.1 - Fotografia evidenciando a realização dos perfis de praia. Observa-se a existência da vegetação de restinga e a formação de lagunas. Setor situado na margem esquerda da desembocadura do rio Pacoti.



Figura 3.2 - Desembocadura do rio Pacoti. Constata-se a disposição de resíduos sólidos (lixo) na faixa praial e a ocupação inadequada de setores sob influência direta do sistema praia - manguezal. Observa-se os arenitos de praia (beach rocks) e ao fundo a praia do Porto das Dunas (Beach Park).

Entre a Foz do Rio Cocó e Foz do Rio Pacoti, foram escolhidas três estações fixas para a realização dos perfis topográficos de praia com direção N-S e espaçamento de 10 em 10 metros, cuja estação inicial de cada perfil era tomada na porção de cota mais alta, previamente estabelecida com valor de 10 metros.

As leituras foram obtidas mensalmente, com o auxílio de um teodolito *Wild-T-1A*, mira falante de 4,00 metros e trena de 20,00 metros, durante o período de abril de 1997 a março de 1998, correspondendo sempre aos dias mais convenientes para realização do trabalho, ou seja, durante as marés mais baixas de cada mês.

O levantamento foi concluído com a execução de 258 pontos cotados, nas três estações bases denominadas de Perfil 01, Perfil 02 e Perfil 03 e localizados respectivamente no Clube da COFECO, Casa 05 A (dos servidores da COELCE) e Praia da Sabiaguaba

(Figura 3.3), cujas coordenadas geográficas estão especificadas na Tabela 3.1, seguindo-se com a individualização dos perfis topográficos e gráficos, cujas correlações são apresentadas no Capítulo 4. RESULTADOS DOS PERFIS DE PRAIA.

Tabela 3.1 - Coordenadas geográficas das estações de perfilagem topográfica

PERFIL	ESTAÇÃO	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)
01	E _o	03°49'21,8"	38°24'07,8"
02	E _o	03°48'46,6"	38°24'29,8"
03	E _o	03°46'53,6"	38°25'41,5"

As amostras de rochas do Morro do Cararu (CE) e da Pedreira de Sueste, no Arquipélago Fernando de Noronha (PE), foram analisadas no laboratório da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial - NUTEC. Para realização dos ensaios foram seguidas as diretrizes gerais das seguintes normas:

- ⇒ NBR 12768 - Rochas para Revestimento - Análise Petrográficas
- ⇒ ASTM C294-86 - Standard Descriptive Nomenclature for Constituents of Natural Mineral Aggregates;

Os equipamentos e técnicas auxiliares utilizadas foram as seguintes:

- ⇒ Pinças para uso em relojoaria - relação de dureza relativa dos minerais;
- ⇒ Imã - identificação de minerais magnéticos;
- ⇒ Solução de ácido clorídrico (HCl - 1:1) - identificação empírica de carbonatos.
- ⇒ Solução de cobaltinitrito de sódio - (%K - feldspatos x % plagioclásios)

As especificações dos equipamentos utilizados são:

- ⇒ Lupa binocular, marca Olympus (modelo SZ-BR) - com aumento: 4 - 25x;
- ⇒ Microscópio petrográfico, marca Leitz (modelo Laborlux 12 pol).

Em abril de 1998 foi discutida com o professor-orientador a versão preliminar da dissertação de mestrado, e realizadas novas visitas de campo para dirimir dúvidas.

Em julho de 1998 foi apresentada ao professor-orientador a minuta da dissertação de mestrado para análise.

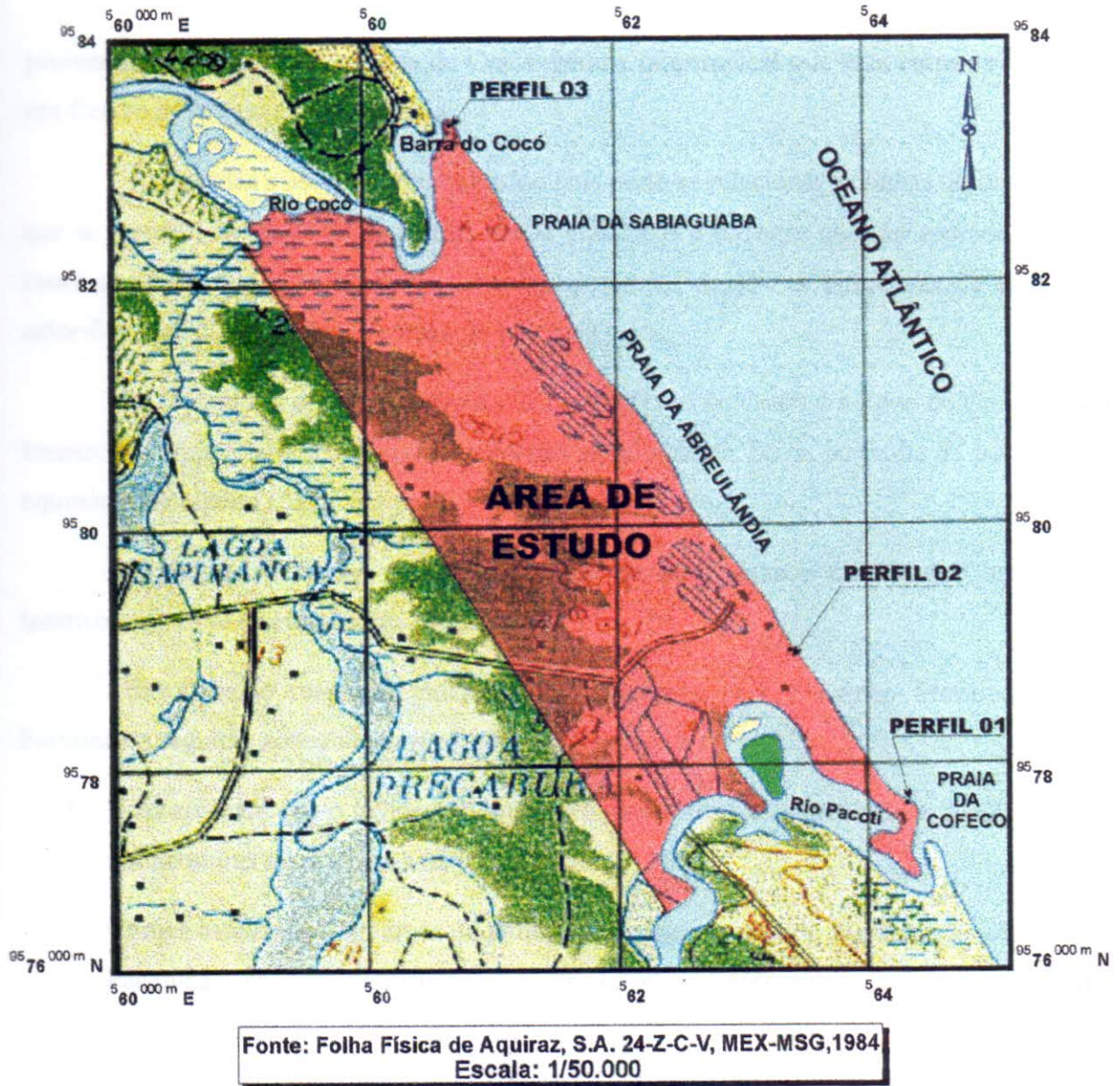


Figura 3.3 - Localização dos perfis de praia

4 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

4.1 - CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E METEOROLÓGICAS

O regime pluvial no Ceará, depende de três frentes geradoras: as frentes frias provenientes do Polo Sul, a Zona de Convergência Intertropical que atua entre os trópicos, e um Centro de Vorticidade Ciclônica.

Associadas a estas três frentes principais pode-se relacionar as linhas de instabilidade que se formam ao longo da costa e as brisas marítimas e terrestre que são sopradas na faixa litorânea, a medida que vão variando as temperaturas devido as diferenças de capacidade calorífica e de condutividade térmica do mar e da terra.

No entanto, a principal responsável pelo inverno no Ceará é a Zona de Convergência Intertropical que atinge seu fastígio, na porção meridional da Terra, por volta da passagem do equinócio de outono (23 de março).

O período invernosos começa a declinar em maio quando a Zona de Convergência Intertropical volta ao Hemisfério Boreal.

Em trabalho recente, Brandão (1995), adaptou para a Região Metropolitana de Fortaleza o seguinte zoneamento pluviométrico (Figura 4.1):

1. Uma zona em que o índice pluviométrico médio situa-se entre 1.200 e 1.400 mm com temperaturas mais amenas na orla marítima;
2. Climas localizados em áreas de altitudes elevadas (serras de Maranguape, Aratanha e Pacatuba), com pluviosidade anual de 1.400 a 1.600 mm, com as mais baixas temperaturas.
3. Clima de condições mais secas na região oeste com precipitação média de 900 a 1.200 mm e as temperaturas mais amenas no litoral crescendo em direção ao sertão.

Na classificação de Köppen apud Nascimento et al (1981), enquadra-se no tipo AW (tropical chuvoso) e na de Gaussen apud Nascimento (op. cit.), tropical quente de seca atenuada (4c th).

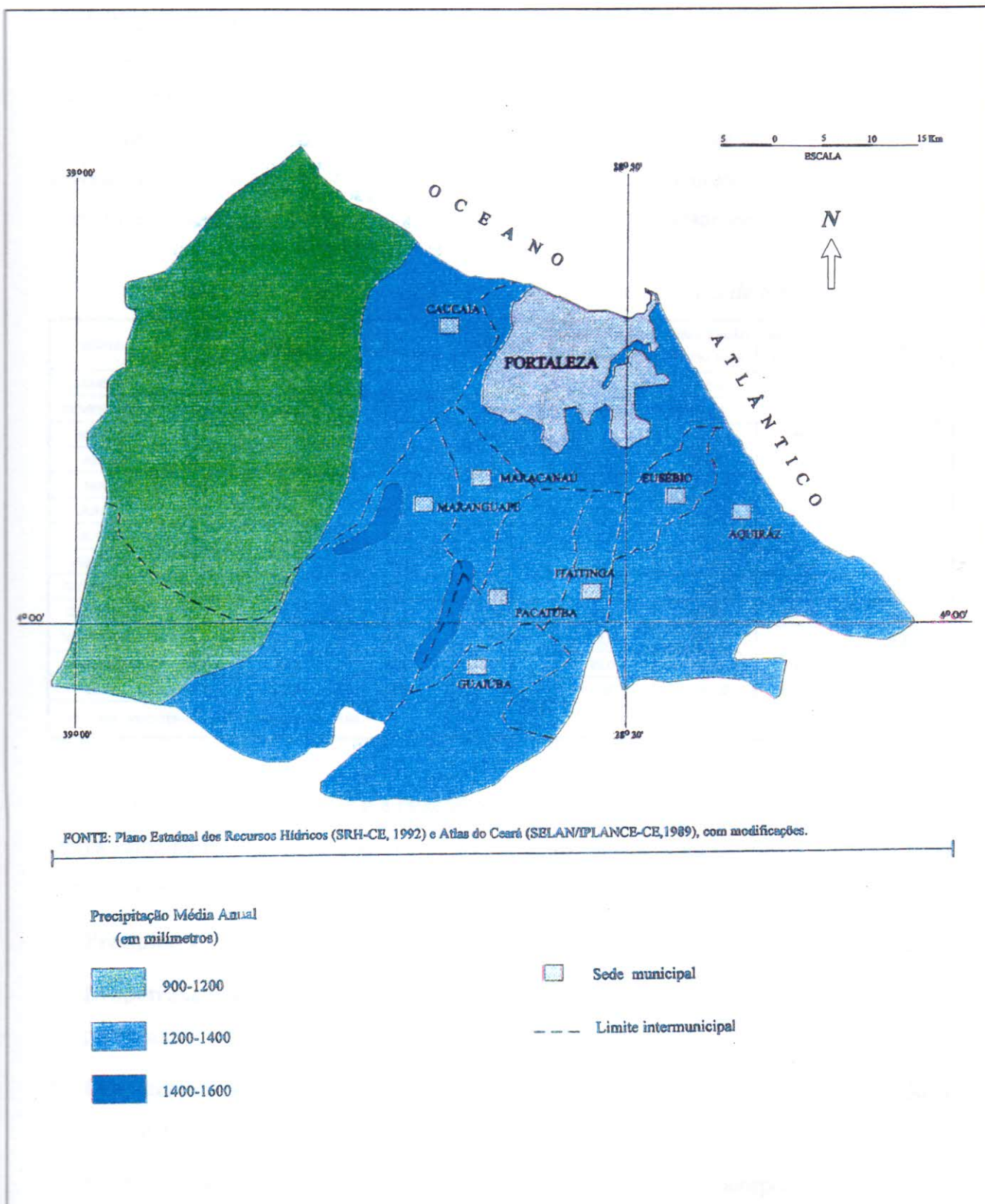


Figura 4.1 - Precipitação pluviométrica

De acordo com a Tabela 4.1, observa-se que o regime pluviométrico é variável mas, 90% das precipitações ocorrem no primeiro semestre como pode se observar na Figura 4.2, principalmente de março a maio. Quando as chuvas são abundantes, num curto intervalo de tempo, as enchentes, com os problemas a elas inerentes, nas margens dos rios, são inevitáveis. Ainda, na Figura 4.2 pode-se constatar a relação existente entre os dados: a) evaporação é o inverso da precipitação; b) a umidade varia diretamente com a precipitação; c) a umidade varia inversamente com a evaporação; d) a precipitação varia inversamente com a insolação.

Tabela 4.1 - Principais registros da estação meteorológica de fortaleza

MESES	T. MÉDIA DAS MÁXIMAS	T. MÉDIA DAS MÍNIMAS	T. MÉDIA COMPENSADA	UMIDADE RELATIVA %	PRECIPITAÇÃO (mm.)	EVAPORAÇÃO TOTAL (mm)	INSOLAÇÃO TOTAL (Hs)	VELOCIDADE DO VENTO MÉDIA (m/s)
JANEIRO	31,5	22,7	27,4	78,6	123,1	136,4	229,2	3,5
FEVEREIRO	31,4	22,6	27,1	81,4	225,7	109,4	179,5	3,1
MARÇO	31,2	22,5	26,7	84,4	371,4	91,5	169,3	2,5
ABRIL	31,5	22,9	26,9	84,3	323,1	85,8	186,8	2,6
MAIO	31,3	22,7	26,8	82,8	208,3	97,3	221,0	2,8
JUNHO	31,0	22,1	26,4	80,8	171,4	116,2	246,8	3,3
JULHO	31,2	21,6	26,2	77,4	91,8	142,7	273,5	3,8
AGOSTO	31,0	21,8	26,4	75,7	29,0	179,4	303,9	4,5
SETEMBRO	31,4	22,5	26,8	74,8	26,0	179,8	286,6	4,7
OUTUBRO	31,2	22,9	27,1	74,7	18,4	182,0	294,8	4,6
NOVEMBRO	31,4	23,3	27,4	74,4	12,4	173,8	284,8	4,3
DEZEMBRO	31,6	23,3	27,5	76,7	49,0	157,7	259,0	3,6
ANO	31,3	22,6	26,9	78,8	1.649,6	1.652,0	2.935,2	3,6

FORNTE: FUNCEME/DATEN -UTD, JUN92. PERÍODO: 1974 A 1991.

O balanço hídrico, que é a relação entre a necessidade das plantas e a quantidade de chuva caída numa região, leva em conta os seguintes fatores, segundo Bezerra (1989) apud Brandão (1995):

1. **Precipitação (P)** - Quantidade de água adicionada ao solo através da chuva ou irrigação;
2. **Evapotranspiração Potencial (EP)** - Quantidade anual de água necessária, teoricamente para manutenção da planta verde;
3. **Evapotranspiração Real (ER)** - Volume de água que retorna à atmosfera devido a transpiração das plantas;
4. **Excesso Hídrico (EH)** - Volume de água precipitada que foi incorporada à drenagem superficial ou subterrânea por não ter sido absorvida pelo solo nem evapotranspirada;
5. **Deficiência Hídrica (DH)** - Volume de água que falta para o pleno desenvolvimento e crescimento da planta.

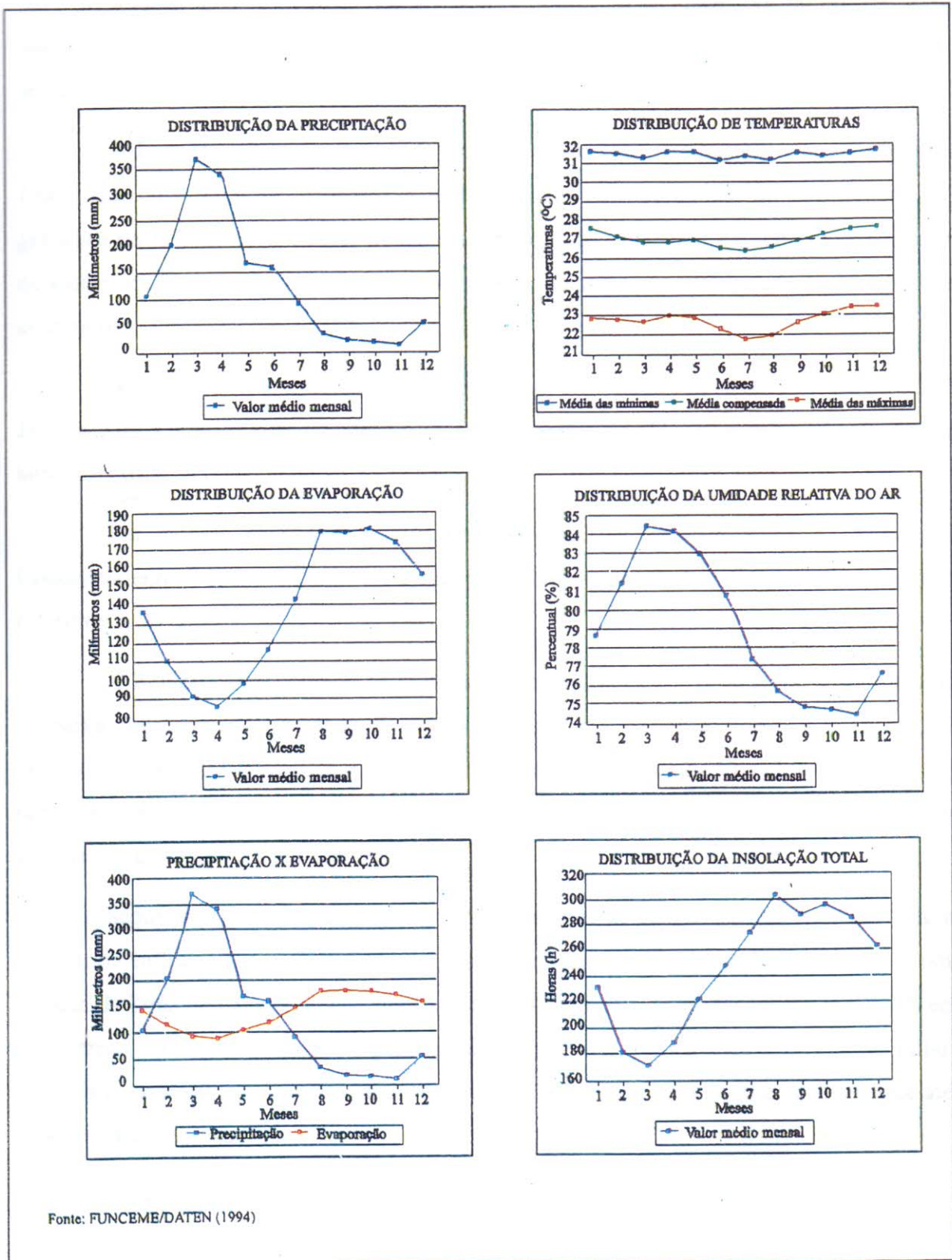


Figura 4.2 - Distribuição da precipitação pluviométrica

Quando a vazão P/EP é maior que 1, segundo Ribeiro & Gonçalves (1981) apud Castro et al (1998), o potencial hídrico é disponível às plantas, para escoamento superficial e para a recarga dos aquíferos. Estes valores foram observados no litoral da Região Metropolitana de Fortaleza e nas partes úmidas das Serras de Pacatuba e Maranguape. Já no sertão e a sotavento das grandes elevações estes valores são menores do que 1.

A Evapotranspiração Real (ER) na Zona Litorânea tem valores anuais inferiores a 1.000 mm com picos de fevereiro a junho quando os valores são da mesma ordem de grandeza da EP. É evidente que os maiores índices de excedente hídrico coincidem com a quadra invernal e, a deficiência é maior no segundo semestre principalmente de setembro a novembro.

No litoral a temperatura máxima não excede a 31 ou 32°C, sendo a média 26 a 27°C. Já mais para o interior a média chega a 28°C e a máxima a 34°C. As serras são, pela altitude, bem mais frias com média de 25°C, descendo a 22°C nos meses mais frios.

Em valores absolutos as temperaturas máximas chegam a 38°C, com maior frequência entre 35°C e 37°C. Nas serras pode chegar abaixo de 17°C, mas raramente são inferiores a 20°C.

A Região Metropolitana de Fortaleza, excetuadas as zonas de serra, sofre influência da baixa nebulosidade (variando de 2 a 4 décimos nos meses de agosto a outubro e 7,5 décimos no período chuvoso), a conseqüente forte insolação (2.650 a 3.000 horas/ano), e também da alta evaporação (2.300 mm na faixa litorânea e 2.800 mm no interior), chegando ao máximo de 3.300 nos anos muito secos.

Segundo a FUNCEME (1995), o posicionamento geográfico da área em epígrafe sofre forte influência dos ventos alísios, atingindo uma média anual de 12,2 km/h. Com a entrada da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, ocorrem mudanças bruscas na direção dos ventos, que tomam direção geral para Sudeste. As velocidades crescem de julho a novembro, com valores máximo em setembro (15,9 km/h) e diminuindo gradativamente até o mês de março (9,1 km/h).

4.2 - CONDIÇÕES FLUVIAIS DOS RIOS PACOTI E COCÓ

4.2.1 - Rio Pacoti

Segundo Böreiner (1986) apud Castro et al (1998), os estuários não podem ser considerados isoladamente, mas, sobretudo, como parte de um sistema complexo com interações fluviais e marinhas.

As concentrações de matéria em suspensão dentro de um estuário dependem da litologia, da pedologia e da inclinação da bacia de acumulação do rio, de seu débito, da maré, do clima e de sua pluviometria, e da atividade biológica. As quantidades de sedimentos transportados são em função do débito específico do rio, devido à litologia da bacia de acumulação.

Sabe-se que o conhecimento da dinâmica das águas costeiras é de fundamental importância para determinação do transporte sedimentar e da localização das zonas de erosão e de depósito.

Freire (1989), em estudos realizados no estuário do rio Pacoti, concluiu que os teores de matéria em suspensão são regidos por diversos fatores:

- ✓ No verão a ação das ondas são mais atuantes;
- ✓ As águas de escoamento são de fundamental importância para o estuário, pois carregam grande quantidade de matéria em suspensão;
- ✓ O vento é também um fator extremamente importante para a sedimentação dentro do rio Pacoti, sobretudo face à grande quantidade de areia de duna que é transportada no verão. No inverno, devido as areias serem umedecidas pela água das chuvas, há o desenvolvimento de vegetação (gramíneas e herbáceas), impedindo assim o transporte eólico.

O mesmo autor concluiu ainda que:

- ✓ O estuário do rio Pacoti é caracterizado por seu tamanho reduzido, o clima tropical com uma estação seca bem definida, e um ambiente onde predomina a influência eólica;
- ✓ A influência da maré que penetra no estuário, é condicionada pela pluviometria e pelas grandes ressacas. Um dos problemas importantes é a forte evaporação que no verão

favorece a deposição de sal sobre o mangue e sobre as planícies aluviais. Esses aportes de sal puderam ser quantificadas em 13 toneladas por ano;

- ✓ Sob o ponto de vista sedimentológico, o balanço anual pode ser estimado em 11.600 ton de sedimentos que entram e 66.800 ton. que saem, ou seja, 55.200 ton de sedimentos que são lançados no oceano em um ano de forte pluviometria. Porém, em um ano considerado “normal” a sedimentação estimada é de 11.000 toneladas.

Ressalte-se que o estuário do rio Pacoti, o qual tem extensão de 19 km, devido aos problemas de uso e ocupação intensivos, vem sendo descaracterizado face a urbanização acelerada, ao barramento de suas nascentes, retirada de areia de seu leito e de entorno, e pelos desmatamentos descontrolados.

Maia (1998), estima que as taxas potenciais de material transportado por arraste do fundo do estuário do rio Pacoti para a deriva litoral varia entre 21.000 a 31.000 m³/ano de sedimentos de tamanho equivalente ao material presente na praia. Salienta que a distribuição no período de um ano é bastante irregular, caracterizando que o aporte é concentrado no primeiro semestre, quando os caudais são mais representativos. No segundo semestre, com o aumento das vazões, os aportes em direção a praia são muito pequenos, com valores negativos nos meses de agosto a setembro, mês o qual o balanço sedimentar do mar é nulo.

Freire (op. cit.) conclui que o estuário do rio Pacoti é caracterizado pela presença de vegetação típica de mangue. A direção geral do rio é controlada em sua parte fluvial pela estrutura basal a qual tem direção SW/NE. No estuário, face ao avanço de dunas constata-se a migração de 6 km de desembocadura em direção ao nordeste.

4.2.2 - Rio Cocó

Segundo Moreira (1994) apud Castro et al (op. cit.), o estuário do rio Cocó está situado entre os paralelos 03°45' e 03°47' de latitude sul e os meridianos 38°26' 38°23' de longitude oeste, estendendo-se até os limites da Região Metropolitana de Fortaleza, com uma área de aproximadamente 6.900 ha. A parte superior e intermediária da zona do estuário está dentro do Parque Ecológico do Cocó, com 446,2 ha (Decreto Estadual nº 2253, de 1989).

A planície flúvio-marinha se estende até 13 km da foz do rio Cocó devido a influência das marés. Os terrenos que margeiam o leito do rio, como têm costas baixas, estão

sempre sujeitos a inundações, verificadas quando a enchente do rio coincide com a maré cheia.

Constata-se que o maior agente de assoreamento da foz do rio Cocó não é o mar nem o homem, mas as dunas móveis. São elas que têm aterrado os mangues e mudado o curso do rio. A grande estabilidade do curso quase retilíneo desde a cidade 2.000 até o encurvamento rumo à foz se deve às dunas edafizadas que se distribuem no sentido NW-SE, grosso modo paralelas à linha de costa. Na área do Parque Ecológico do Cocó, antigas salinas foram abandonadas, deixando em seu lugar apicuns e alagados.

As dunas bordejam as duas margens desse rio principalmente nas proximidades da foz. Porém, na margem esquerda um alinhamento de dunas edafizadas, fixas e estáveis começa a aflorar nas proximidades da cidade 2.000, estendendo-se até próximo a embocadura, que segundo Moreira (op. cit.), funciona muitas vezes como limite da linha máxima das marés, e ajuda a manter a integridade do manguezal existente entre seu sopé e o leito do rio, por tornar difícil o acesso até o mesmo.

No encontro dos rios Cocó com o Coaçu tem-se a maior exposição da planície flúvio-marinha. Daí para frente o leito do rio está sujeito ao movimento das dunas que provocam o assoreamento, a ponto de desativar o curso natural que o levaria à foz.

Ao entrar no domínio das dunas móveis, próximo à Sabiaguaba, o rio Cocó tem seu mangue da margem direita praticamente recoberto pela areia.

Na margem esquerda o mangue ainda resiste e se mantém contínuo. Porém, mesmo afastado 500 metros da foz onde as dunas liberam areia da outra margem, a superfície do mangue perdeu a característica de vasa e começa a ter uma consistência arenosa.

O grande problema para preservação do mangue na região da foz consistirá na estabilização das dunas. Não havendo transporte intensivo de sedimento o próprio mangue pode se recuperar rapidamente.

Um belo exemplo do que foi explicado é uma área degradada situada a 1 quilômetro da foz do rio Cocó pela sua margem esquerda. Numa área de 60m x 30m foi devastado o mangue e a superfície recoberta por uma espessa camada de areia retirada de uma duna fixa vizinha, cujas marcas erosivas ainda podem ser observadas.

Num período de alguns meses os brotos da vegetação do mangue começaram a surgir de dentro da cobertura de areia mostrando que a natureza, quando a devastação não é grande, pode recuperar-se integralmente.

Toda a embocadura do rio Cocó está protegida por um cordão paralelo à costa que funciona como um verdadeiro quebra-mar, são os arenitos de praia ou "beach rocks". Sua expressão topográfica mais recente já se estende quase continuamente, desde a foz do rio Pacoti na Praia da Cofeco, até à foz do rio Cocó na Praia do Futuro.

Em termos de altura não excedem a 1 (um) metro, sendo a média 0,5m. Na foz, associados às areias, as conchas são mais frequentes, para formarem os arenitos de praia, através da consolidação do sedimento com cimento de carbonato de cálcio e magnésio. Ao se afastar da embocadura as conchas passam a dar lugar ao seixos de quartzo que conferem ao arenito, que normalmente é de fino a médio, aspectos mais grossos, localmente.

É importante salientar, não só na foz, a contínua acresção desta rocha mediante a fixação de milimétricas conchas de pelecípode em toda superfície do arenito.

Apesar de dificultar o acesso ao mar, os arenitos de praia são de fundamental importância para modelar a costa e manter estável a embocadura do rio Cocó, na medida que serve de barreira, não só ao transporte marinho como fluvial.

Com isso a foz do rio Cocó não sofreu a erosão marinha imposta ao rio Ceará, cuja embocadura já recuou 360 metros desde que se tomaram os primeiros referenciais.

Vasconcelos & Freire (1985) estudando os sedimentos e a hidrodinâmica do rio Cocó determinaram que a variação de velocidade da corrente é função do fluxo da água doce e dos níveis de maré. A velocidade máxima das águas foi de 1.10 m/seg, por ocasião do refluxo da maré. O saldo do material em suspensão que fica depositado no estuário é de 35,54 kg/seg (maré de quadratura) e de 20,34 kg/seg (maré de sizígia). Os sedimentos de calha são constituídos principalmente de areia quartzosa de granulação fina a média.

O teor médio de oxigênio 6,2 mg/l é considerado alto pelos pesquisadores. O estudo do transporte hidráulico do estuário do rio Cocó (AUMEF/SDU/GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 1988) apud Castro et al (op. cit.), revelou uma vazão mínima de 10 m³/seg. e uma amplitude de maré média de 1,6 metros com período de 12 horas.

A profundidade mínima do estuário é de 0,60 m (baixa mar/período seco) e a máxima de 2,7 m (preamar/período chuvoso) de acordo com o Atlas do Ceará, 1976, apud Castro et al (1998).

Grande parte da energia que determina a intensidade da mistura das diferentes massas de água nos estuários, é em todo trabalho realizado em estuários precedido e acompanhado de observações sobre o regime de maré e a influência deste sobre as demais condições ambientais, sejam estas físicas, químicas ou biológicas. Mesmo não sendo possível a realização de estudos mais aprofundados sobre a física do estuário é importante que se tenha um conhecimento prévio das variações de profundidade, salinidade e temperatura, obtendo-se assim algumas informações sobre a circulação e o grau de mistura das massas d'água. Também deve ser observado o tipo e o horário das marés, os quais em geral são disponíveis em tábuas de previsões para os mais diversos locais, de modo que seja padronizado o modelo de amostragem, minimizando-se as possíveis distorções dos resultados.

No caso específico do estuário do rio Cocó foi observada uma grande influência do fluxo e refluxo da maré nas condições ambientais, as quais foram refletidas tanto nos resultados relativos aos parâmetros abióticos, quanto nos bióticos, relacionados à produção primária do fitoplâncton. Foram observadas variações diurnas entre os resultados das baixamares matutinas e os das preamares vespertinas, em uma mesma porção do estuário, tão ou mais acentuadas do que as consideradas sazonais. O mesmo é verdade em relação às variações espaciais (horizontais), as quais, em parte são funções da capacidade de penetração das águas de origem marinha e do grau de mistura destas com as águas do rio, dependendo diretamente da ação das correntes da maré. Não foram observadas grandes variações entre as salinidades de fundo e as de superfície, sendo estas muitas vezes imperceptíveis, principalmente nas porções superior e inferior do estuário, revelando muitas vezes a ocorrência de grande mistura das massas d'água marinha com as de água doce. Observa-se que na porção intermediária, as variações verticais da salinidade, apesar de pequenas, foram melhor detectadas, muito embora por períodos curtos, correspondentes às fases inicial de maré vazante e final de maré enchente.

A classificação apresentada por Dyer (1973), é a que mais se aproxima das características reveladas pelo estuário do rio Cocó, correspondendo ao tipo verticalmente homogêneo, sem estratificação salina. Segundo Mann (1985) apud Castro et al (op. cit.), esta situação de estratificação quebrada pela turbulência, é muito comum em estuários formados a

partir de rio de baixa vazão e pequenas profundidades, e que ao mesmo tempo estão sujeitas à ação de fortes correntes de maré permitindo a formação de um gradiente longitudinal de salinidade. Este aspecto também foi detectado no estuário em questão, no qual foram registradas, profundidades que variam de 0,60 a 2,70 m e cuja vazão do rio que o forma varia de 63,0 a 859 m³/seg.

4.3 - MAPEAMENTO EÓLICO

Desde o ano de 1990 a Companhia Energética do Ceará-COELCE vem desenvolvendo um programa específico voltado para o levantamento das características dos ventos do Estado do Ceará, através de equipamentos computadorizados de última geração.

As avaliações preliminares dos resultados indicam uma velocidade média anual do vento em torno de 8,0 m/s a 10 m de altura do solo nas áreas como esta em questão. O fluxo eólico concentra-se no quadrante definido pelas direções NE-S, e apresenta turbulência média em torno de 15%.

Trabalhos desenvolvidos na costa cearense considerando a direção e velocidade dos ventos através de anemometria, demonstraram que os ventos como agentes modificadores da paisagem, são extremamente controlados pelas condições climáticas. As maiores velocidades de vento observadas na região correspondem a época de estiagem entre os meses de julho a dezembro, quando verificam-se menores valores de umidade relativa do ar.

Para o estudo dos ventos utilizou-se os dados do Mapa de Estações Anemométricas da Cofeco 1 (10 m de altura), de 1993 a 1996; e Cofeco 3 (30 m), de 1995 e 1996. Nas Figuras 4.3 a 4.8, pode-se verificar que a velocidade mínima mensal nos três anos foi por volta de 4 m/s e a máxima por um período de uma hora foi de 15,4 m/s. A direção dominante do vento é AZ 245° 19' 45", com oscilações para ENE, ESE e SSE. Nesse mesmo contexto, foram pesquisados os seguintes parâmetros:

- ⇒ **Desvio padrão da velocidade do vento;**
- ⇒ **Intensidade média de turbulência;**
- ⇒ **Densidade média de potência que poderá ser gerada (energia eólica);**
- ⇒ **Velocidade máxima do vento em período de 1 hora;**
- ⇒ **Velocidade máxima do vento em período de 1 segundo;**
- ⇒ **Direção média dominante;**

- ⇒ **Direção dominante da velocidade;**
- ⇒ **Velocidade média diária máxima;**
- ⇒ **Velocidade média diária mínima;**
- ⇒ **Densidade do ar;**
- ⇒ **Fator de Forma Weibull (K);**
- ⇒ **Fator de Escala de Weibull (c);**
- ⇒ **Índice de registros de velocidade;**
- ⇒ **Índice de registros de turbulência;**
- ⇒ **Índice de registros de direção**

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Velocidade média do vento	M/s	7,4	7,5	6,5	7,1	6,8	8,0	8,2	8,5	8,5	8,7	8,6	8,0
Desvio padrão da velocidade do vento	M/s	1,9	1,4	1,7	7,8	2,1	1,8	1,9	1,4	1,7	1,6	1,6	1,4
Intensidade média de turbulência	%	9,1	9,0	10,2	11,1	11,4	10,7	10,9	10,3	9,2	9,3	9,1	9,0
Densidade média de potência	W/m ²	316	286	201	255	246	357	388	403	417	449	424	342
Velocidade máxima do vento - período:1h	M/s	12,4	11,5	10,0	12,0	10,7	11,8	12,4	11,9	13,0	13,3	12,7	12,5
Velocidade máxima do vento-período:1s	M/s	17,0	-	19,7	17,4	-	-	16,5	15,6	16,1	17,4	16,1	16,1
Direção média dominante da energia	Quadrante	E	ESE	ESE	ENE	E	SSE	ENE	ESE	SSE	SSE	SSE	SSE
Direção dominante da velocidade	Quadrante	ENE	ESE	ESE	ENE	ENE	SE	ENE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE
Velocidade média diária máxima	M/s	10,9	9,3	9,1	9,7	9,0	10,7	9,6	9,7	11,0	10,2	11,1	9,8
Velocidade média diária mínima	M/s	4,2	5,3	4,1	4,9	4,1	6,3	6,7	6,3	5,3	5,3	5,7	5,8
Densidade do ar	Kg/m ³	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224
Fator de forma weibull (k)	-	4,46	6,47	4,48	4,63	3,64	5,21	5,19	7,36	5,71	6,14	6,09	6,61
Fator de escala de weibull (c)	M/s	8,30	8,10	7,10	7,70	7,50	8,70	8,90	9,10	9,20	9,40	9,20	8,60
Índices de registro de velocidade	%	76,1	100,0	100,0	100,0	30,9	70,4	56,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Índices de registros turbulência	%	76,1	100,0	100,0	100,0	31,0	70,4	56,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Índice de registros de direção	%	76,1	100,0	100,0	100,0	31,0	70,4	56,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

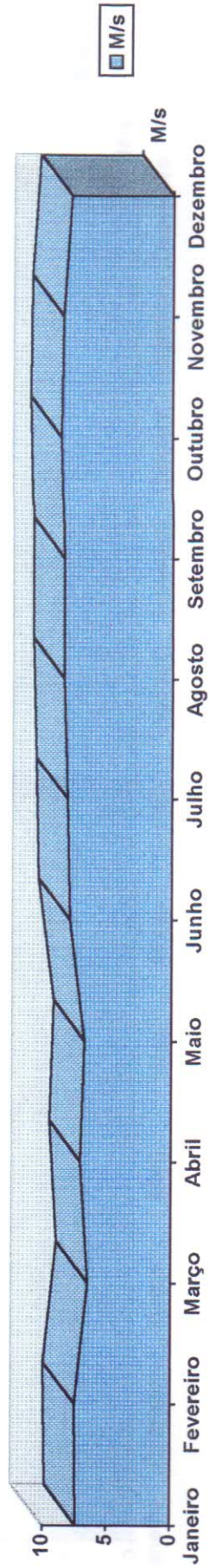


Figura 4.3 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 10 metros - Ano Base: 1993 - Fonte: COELCE

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	ANO BASE 1994 FONTE: COELCE											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Velocidade média do vento	M/s	6,3	5,3	4,5	4,4	5,7	4,1	8,2	6,5	8,5	8,7	8,6	8,0
Desvio padrão da velocidade do vento	M/s	1,8	2,3	1,8	2,3	2,3	2,1	1,9	1,4	1,7	1,6	1,6	1,4
Intensidade média de turbulência	%	10,4	12,2	15,8	13,5	12,9	11,6	10,9	10,3	9,2	9,3	9,1	9,0
Densidade média de potência	W/m ²	191	142	82	96	165	73	388	403	417	449	424	342
Velocidade máxima do vento - período:1h	M/s	10,3	11,7	8,3	10,4	11,7	10,2	12,4	11,9	13,0	13,3	12,7	12,5
Velocidade máxima do vento-período:1s	M/s	-	18,8	18,8	16,5	17,9	-	16,5	15,6	16,1	17,4	16,1	16,1
Direção média dominante da energia	Quadrante	ESE	ESE	ENE	ENE	E	SW	ENE	ESE	SSE	SSE	SSE	SSE
Direção dominante da velocidade	Quadrante	ESE	ESE	ENE	ENE	E	SW	ENE	ESE	SSE	SSE	SSE	SSE
Velocidade média diária máxima	M/s	8,3	7,8	6,5	6,9	7,9	7,5	9,6	9,7	11,0	10,2	11,1	9,8
Velocidade média diária mínima	M/s	1,4	1,6	1,3	1,3	1,7	1,5	6,7	6,3	5,3	5,3	5,7	5,8
Densidade do ar	Kg/m ³	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224
Fator de forma weibull (k)	-	4,02	2,62	2,84	2,03	2,78	2,18	2,19	7,36	5,71	6,14	6,09	6,61
Fator de escala de weibull (c)	M/s	7,0	6,0	5,10	4,90	6,40	4,60	8,90	9,10	9,20	9,40	9,20	8,60
Índices de registro de velocidade	%	60,3	100,0	12,5	88,8	100,0	23,3	56,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Índices de registros turbulência	%	59,8	100,0	100,0	99,4	100,0	100,0	56,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Índice de registros de direção	%	60,3	100	100,0	99,9	100,0	100,0	56,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

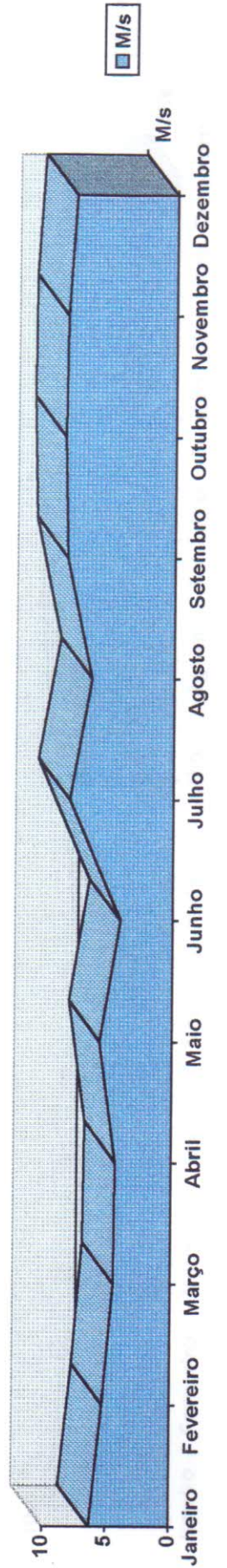


Figura 4.4 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 10 metros - Ano Base: 1994 - Fonte: COELCE

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Velocidade média do vento	M/s	6,3	5,3	4,5	3,9	4,6	5,4	6,6	7,6	7,8	8,4	8,0	7,4
Desvio padrão da velocidade do vento	M/s	-	-	-	2,2	2,4	2,1	2,2	1,9	-	1,3	1,5	1,4
Intensidade média de turbulência	%	-	-	-	16,1	13,3	13,1	12,9	11,0	-	9,0	9,6	9,2
Densidade média de potência	W/m ²	-	-	-	72	113	142	228	315	-	392	344	269
Velocidade máxima do vento - período: 1h	M/s	-	-	-	12,5	13,3	11,1	12,2	11,5	-	11,9	11,4	11,3
Velocidade máxima do vento-período: 1s	M/s	-	-	-	18,3	21,0	-	19,7	-	-	-	16,1	-
Direção média dominante da energia	Quadrante	-	-	-	E	ESE	ESE	ESE	ESE	-	E	E	E
Direção dominante da velocidade	Quadrante	-	-	-	E	ESE	ESE	ESE	ESE	-	E	E	E
Velocidade média diária máxima	M/s	-	-	-	6,2	7,5	7,7	8,8	9,0	-	9,9	9,6	9,2
Velocidade média diária mínima	M/s	-	-	-	1,6	1,7	3,4	4,4	5,1	-	6,8	6,2	5,1
Densidade do ar	Kg/m ³	-	-	-	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224	-	1,224	1,224	1,224
Fator de forma weibull (k)	-	-	-	-	1,31	2,06	2,76	3,41	4,73	-	7,17	6,28	6,30
Fator de escala de weibull (c)	M/s	-	-	-	4,40	5,20	6,10	7,30	8,30	-	9,00	8,60	7,90
Índices de registro de velocidade	%	-	-	-	91,3	100,0	100,0	100,0	52,8	-	43,8	100,0	65,9
Índices de registros de turbulência	%	-	-	-	91,3	100,0	100,0	100,0	52,8	-	43,8	100,0	65,9
Índice de registros de direção	%	-	-	-	91,3	99,9	100,0	100,0	52,8	-	43,8	100,0	65,9

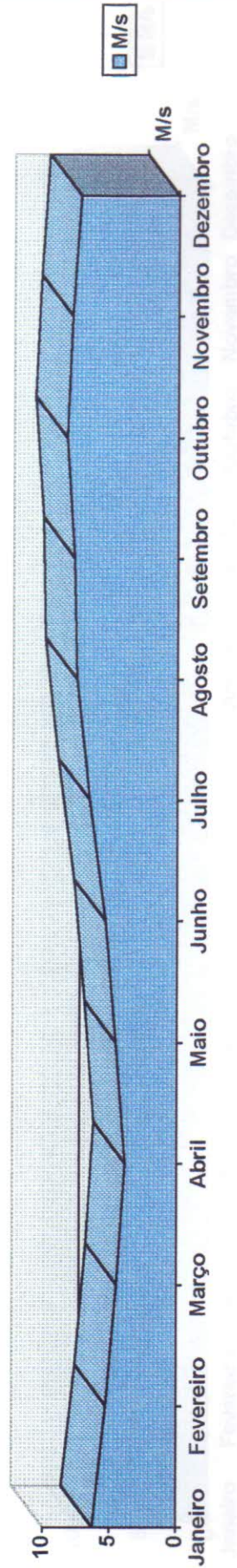


Figura 4.5 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 10 metros - Ano Base: 1995 - Fonte: COELCE

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Velocidade média do vento	M/s	6,3	5,3	4,5	4,3	5,2	6,3	7,5	8,4	8,7	8,9	8,5	7,7
Desvio padrão da velocidade do vento	M/s	-	-	-	2,0	2,3	2,2	2,2	1,9	-	1,5	1,5	1,5
Intensidade média de turbulência	%	-	-	-	15,7	128	12,7	11,9	10,0	-	8,4	8,8	8,5
Densidade média de potência	W/m ²	-	-	-	85	139	204	32,6	412	-	474	420	313
Velocidade máxima do vento - período: 1h	M/s	-	-	-	12,9	13,2	12,8	13,9	12,8	-	12,8	12,4	11,9
Velocidade máxima do vento-período: 1s	M/s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direção média dominante da energia	Quadrante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direção dominante da velocidade	Quadrante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Velocidade média diária máxima	M/s	-	-	-	6,6	7,9	8,6	9,8	9,8	-	10,7	10,6	9,9
Velocidade média diária mínima	M/s	-	-	-	2,1	2,3	4,4	5,2	5,8	-	7,0	6,3	5,1
Densidade do ar	Kg/m ³	-	-	-	1,221	1,221	1,221	1,221	1,221	-	1,221	1,221	1,221
Fator de forma weibull (k)	-	-	-	-	2,26	2,37	3,22	3,77	4,97	-	6,89	5,66	5,86
Fator de escala de weibull (c)	M/s	-	-	-	4,90	5,80	7,00	8,30	9,10	-	9,60	9,20	8,30
Índices de registro de velocidade	%	-	-	-	91,3	100,0	100,0	100,0	52,8	-	43,8	100,0	65,9
Índices de registros turbulência	%	-	-	-	91,3	100,0	100,0	100,0	52,8	-	43,8	100,0	65,9
Índice de registros de direção	%	-	-	-	87,2	94,5	92,4	100,0	52,8	-	43,8	100,0	65,9

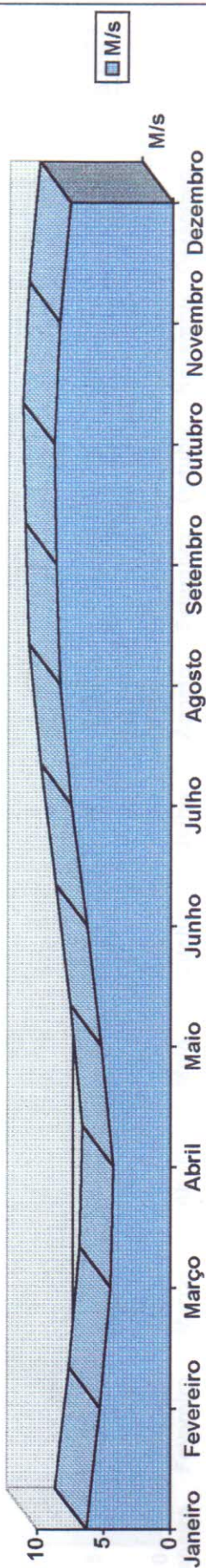


Figura 4.6 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 30 metros - Ano Base: 1995 - Fonte: COELCE

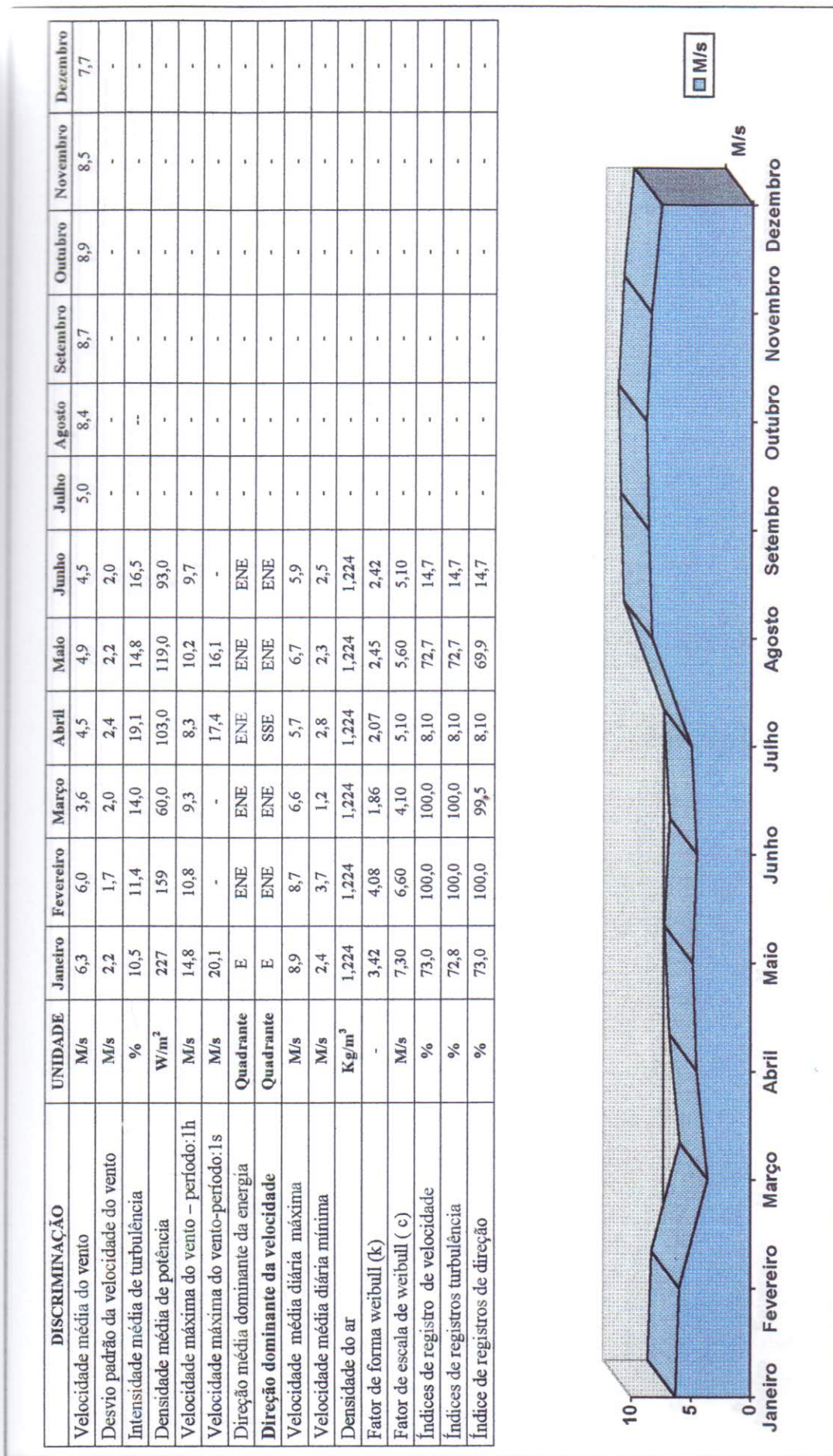


Figura 4.7 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 10 metros - Ano Base: 1996 - Fonte: COELCE

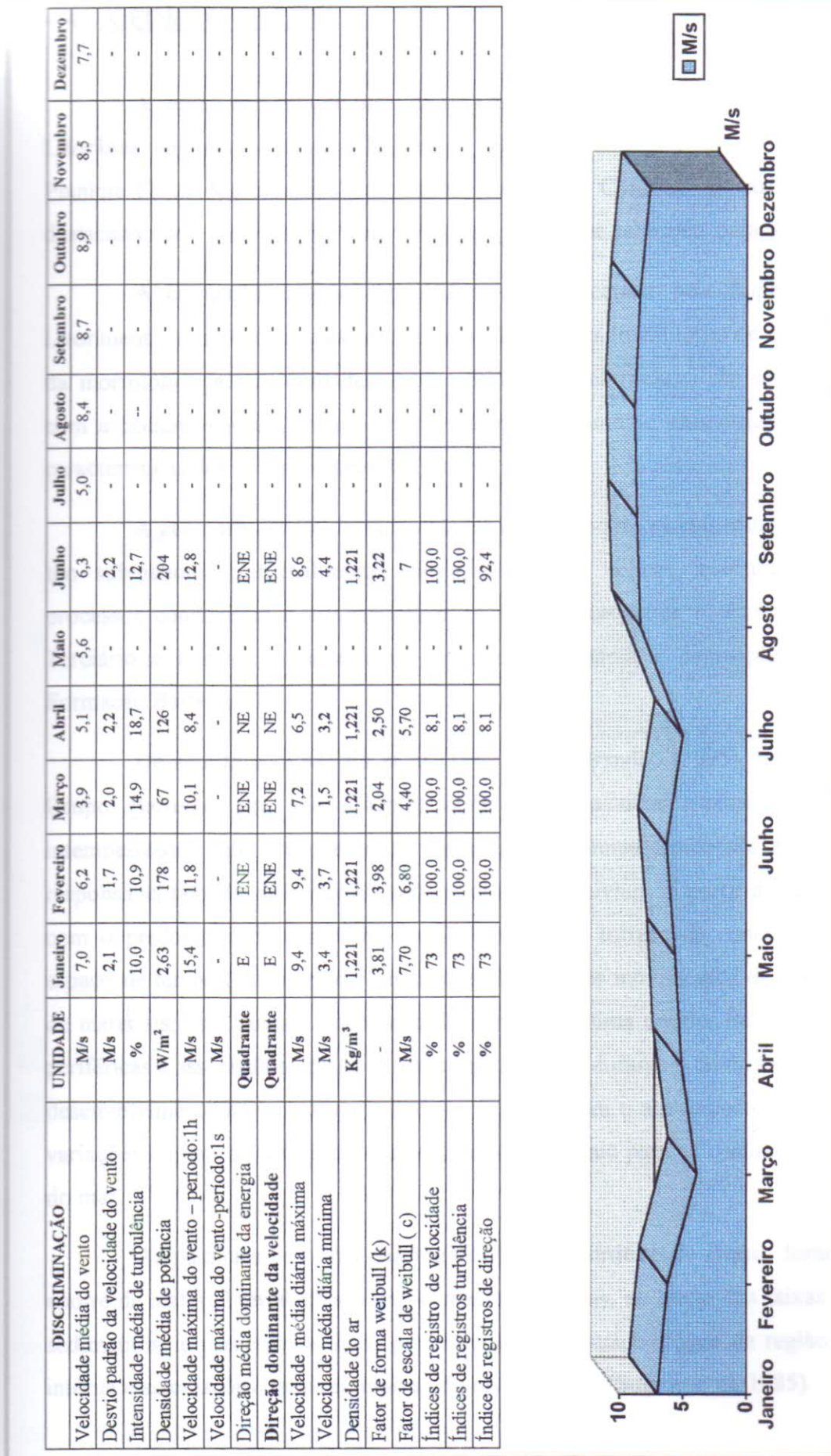


Figura 4.8 - Mapeamento eólico - estação Cofeco 1 - altura 30 metros - Ano Base: 1996 - Fonte: COELCE

4.4 - GEOMORFOLOGIA

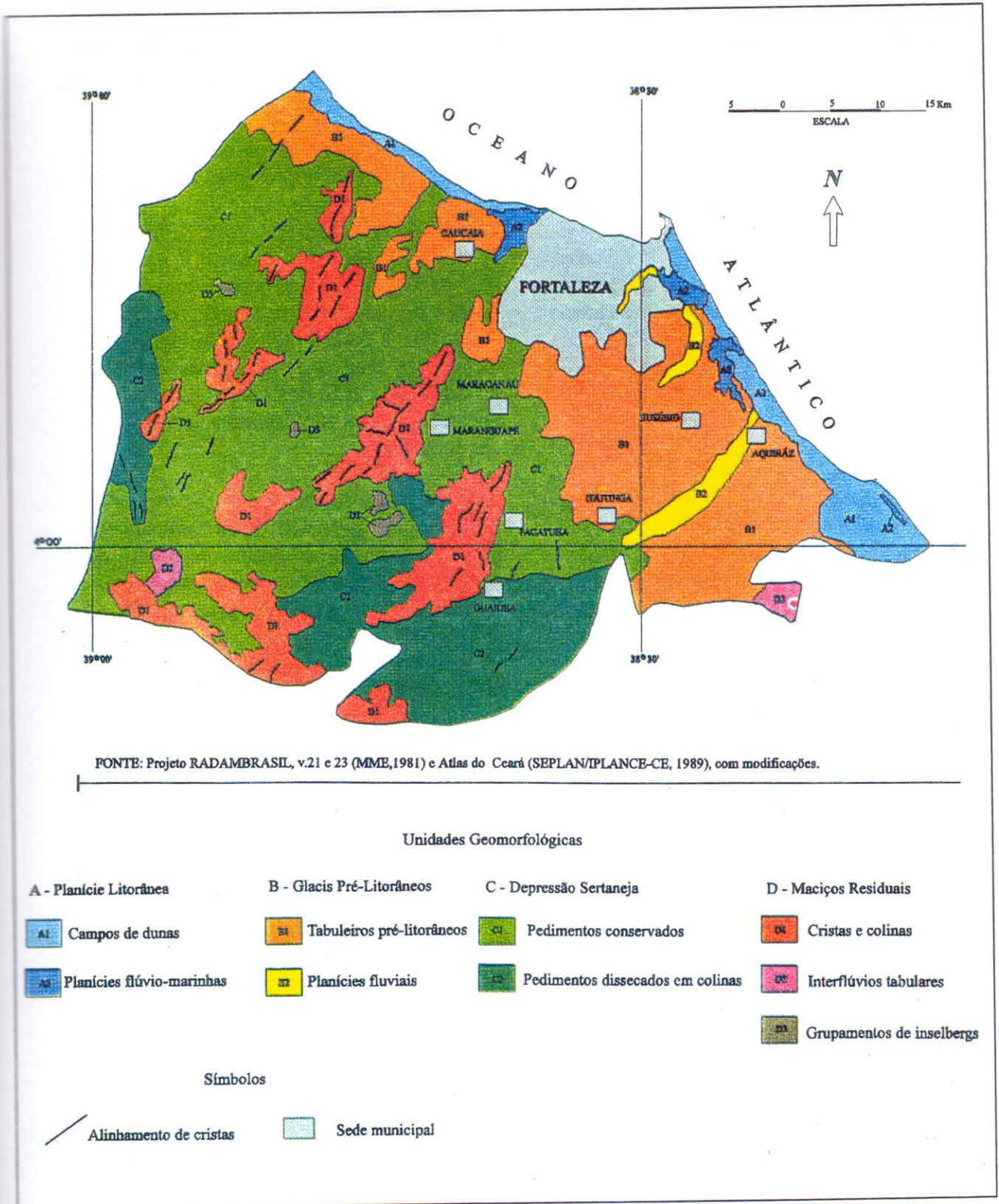
A região encontra-se inserida na Unidade Geomorfológica denominada de Planície Litorânea, englobando todas as feições do relevo que acompanham o litoral, destacando-se a Planície Flúvio-Marinha dos rios Cocó e Pacoti, os Cordões Dunares e a linha de costa, destacando-se a presença da Ponta do Iguape, a sul, que se projeta para o mar (Figura 4.9).

A compartimentação topográfica é representada pela Superfície de Tabuleiros Litorâneos e Campo de Dunas com cotas médias variando em torno de 25 metros. A definição da morfologia para as unidades geomorfológicas identificadas são interpretadas de acordo com a homogeneidade, formas de relevo, posicionamento altimétrico, estrutura geológica, características dos solos e vegetação.

A geomorfogênese dessas unidades informa sobre as vulnerabilidades litológicas que são submetidas, principalmente, climáticas, ações eólicas, marinha e antrópica. Esses processos conduziram a um modelo e evolução paisagística e climática desde o final do Terciário e início do Quaternário, período que marca a deposição dos sedimentos da Formação Barreiras.

De acordo com Martin et al (1982) apud Brandão (1995), o pacote sedimentar do Grupo Barreiras foi, inicialmente, constituído de uma espessa camada de material intemperizado, com predomínio de desnudação química, elaborada em um clima úmido, responsável também pela incisão vertical dos vales fluviais. A partir de mudanças climáticas, com o predomínio de um clima seco, com chuvas torrenciais concentradas em um curto espaço de tempo (clima árido), causadores de grandes movimentos de massa e transferência de materiais, esta camada intemperizada durante o clima úmido, foi transportada para áreas periféricas e associada ao plano de base regional. Foi durante o clima seco que se processou o desenvolvimento horizontal das planícies fluviais, com o alargamento dos interflúvios. Estas variações climáticas formaram elementos fundamentais para as oscilações relativas do nível do mar.

As planícies costeiras das regiões leste e nordeste do Brasil, foram formadas com aporte de material retrabalhado da Formação Barreiras, ao longo das faixas litorâneas, pelos sedimentos e particulados finos provenientes dos cursos d'água da região e da plataforma interna e associações trans-regressivas do nível do mar (Suguio et al, 1985).



FONTE: Projeto RADAMBRASIL, v.21 e 23 (MME,1981) e Atlas do Ceará (SEPLAN/IPLANCE-CE, 1989), com modificações.

Unidades Geomorfológicas

- | | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| A - Planície Litorânea | B - Glacis Pré-Litorâneos | C - Depressão Sertaneja | D - Maçãos Residuais |
| Campos de dunas | Tabuleiros pré-litorâneos | Pedimentos conservados | Cristas e colinas |
| Planícies flúvio-marinhas | Planícies fluviais | Pedimentos dissecados em colinas | Interflúvios tabulares |
| | | | Grupamentos de inselbergs |

Símbolos

- Alinhamento de cristas Sede municipal

Figura 4.9 - Mapa geomorfológico simplificado

Especificamente, na área em epígrafe, as características morfológicas e o conteúdo sedimentológico caracterizam a evolução desta planície costeira, relacionada com a continuidade de variações climáticas, originadas através de mudanças cíclicas entre períodos glaciais e interglaciais.

5 - RESULTADOS DOS PERFIS DE PRAIA

As correlações entre os valores obtidos em cada observação de campo através da execução dos perfis de praia, são apresentadas as figuras 5.1 a 5.6.

A partir dos dados obtidos, em campo, foram calculadas as cotas relativas dos pontos levantados e plotados em tabela com os respectivos gráficos, conforme descrição abaixo:

- 72 perfis com gráficos individualizados;
- 02 gráficos com correlação entre os três perfis nas datas de abril de 1997 a maio de 1998;
- 03 gráficos com correlação entre os valores obtidos por cada perfil no período de abril de 1997 a maio de 1998;
- 03 gráficos com correlação entre os pares mais representativos de valores obtidos nos perfis 01,02 e 03.
- Os perfis individuais mostraram uma superfície de tendência caindo em direção ao mar, sem ocorrência de valores abruptos ou anormais;
- Observou-se em alguns raros casos uma inversão na superfície de tendência do perfil, ocasionado pelo aparecimento dos arenitos de praia, formando um degrau entre eles e a superfície da praia;
- Comparando-se os perfis 01, 02 e 03, observa-se que o perfil 01 é menos susceptível aos processos erosivos que os outros dois, talvez seja explicado pela sua proximidade da foz do rio Pacoti;
- Em algumas situações, os perfis de praia não apresentaram uma indicação definida sobre o aporte ou retirada de sedimentos, podendo ocorrer modificações não esperadas para o período investigado.

Concomitantemente, foram observadas seqüências de fotografias aéreas de épocas diferentes desde 1958 até 1995, obtidas na CPRM, SDU e SEMACE.

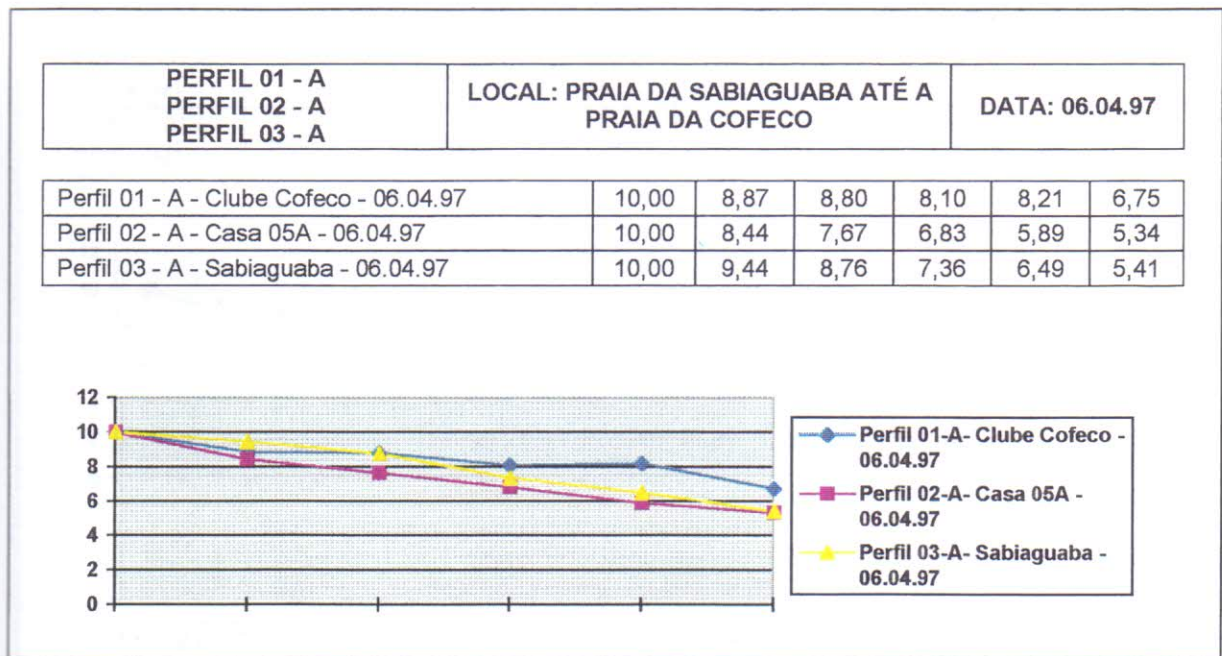


Figura 5.1 - Levantamento topográfico - perfis de praia - correlação entre perfis compostos por 6 pontos na mesma data

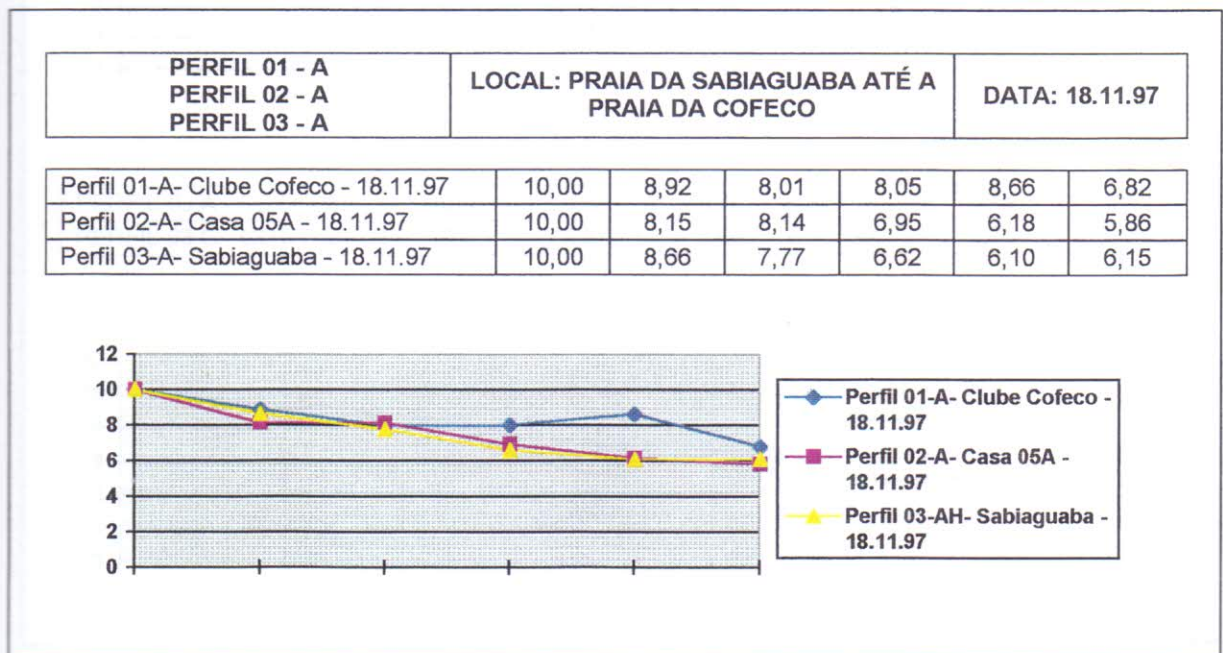


Figura 5.2 - Levantamento topográfico - perfis de praia - correlação entre perfis compostos por 6 pontos na mesma data

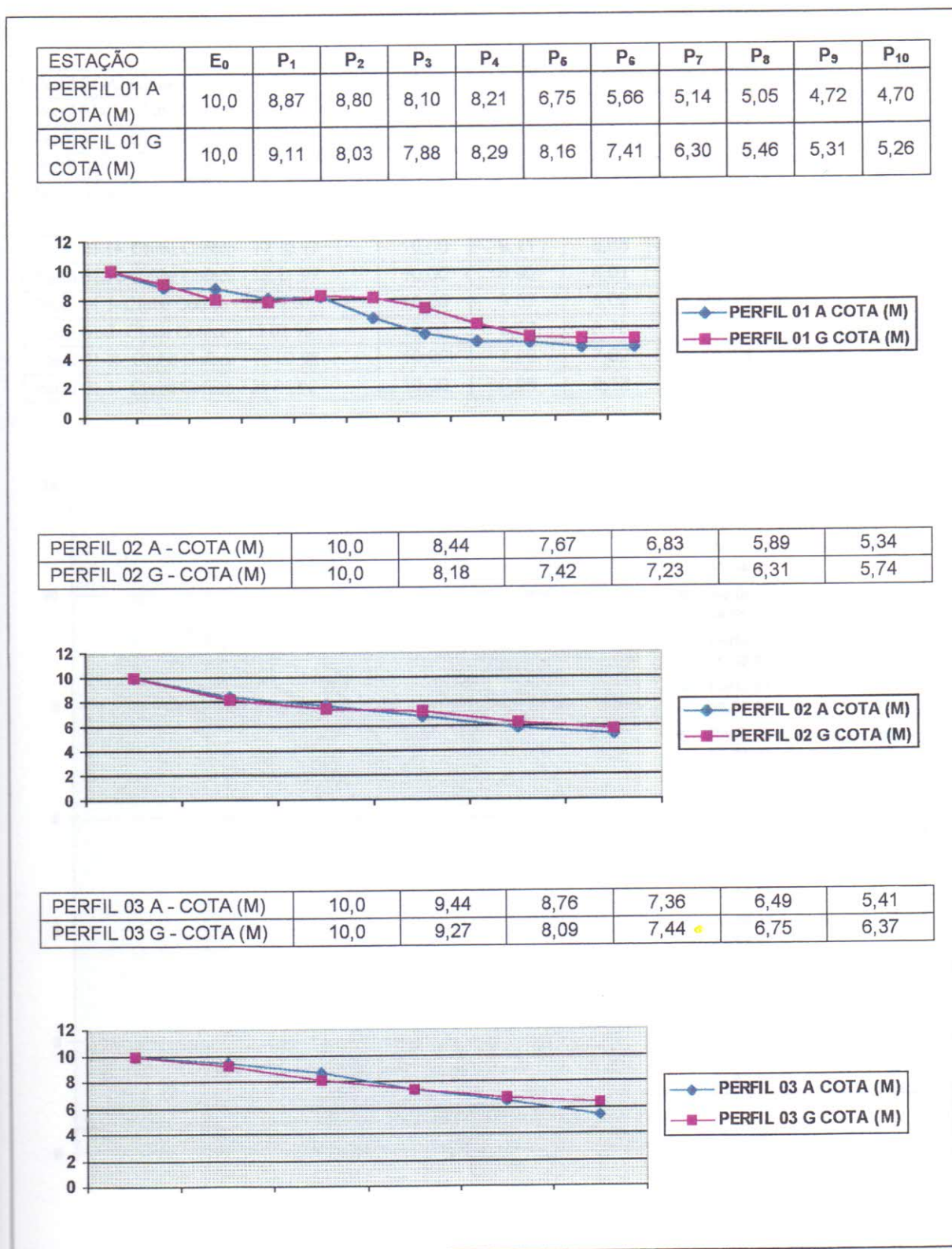


Figura 5.3 - Levantamento topográfico - perfis de praia - correlação entre os perfis 01 A e 01 G; 02 A e 02 G; 03 A e 03 G nos meses de abril e outubro de 1997

Perfil 01-A- Clube Cofeco - 06.04.97	10,00	8,87	8,80	8,10	8,21	6,75
Perfil 01-B- Clube Cofeco - 04.05.97	10,00	7,84	7,87	8,00	8,08	6,13
Perfil 01-C- Clube Cofeco - 06.06.97	10,00	9,10	7,90	7,73	8,01	5,61
Perfil 01-D- Clube Cofeco - 08.07.97	10,00	8,08	7,89	7,77	7,99	5,67
Perfil 01-E- Clube Cofeco - 03.08.97	10,00	8,87	8,80	6,90	8,91	7,45
Perfil 01-F- Clube Cofeco - 14.09.97	10,00	9,19	7,99	7,67	7,98	7,53
Perfil 01-G- Clube Cofeco - 17.10.97	10,00	9,11	8,03	7,88	8,29	8,16
Perfil 01-H- Clube Cofeco - 18.11.97	10,00	8,92	8,01	8,05	8,66	6,82
Perfil 01-I- Clube Cofeco - 20.12.97	10,00	9,07	8,09	7,98	8,53	7,94
Perfil 01-J- Clube Cofeco - 13.02.98	10,00	8,87	8,78	8,09	8,21	6,73
Perfil 01-K- Clube Cofeco - 13.02.98	10,00	7,85	7,82	7,80	7,86	6,90
Perfil 01-L- Clube Cofeco - 29.03.98	10,00	9,06	8,12	7,99	8,40	7,97

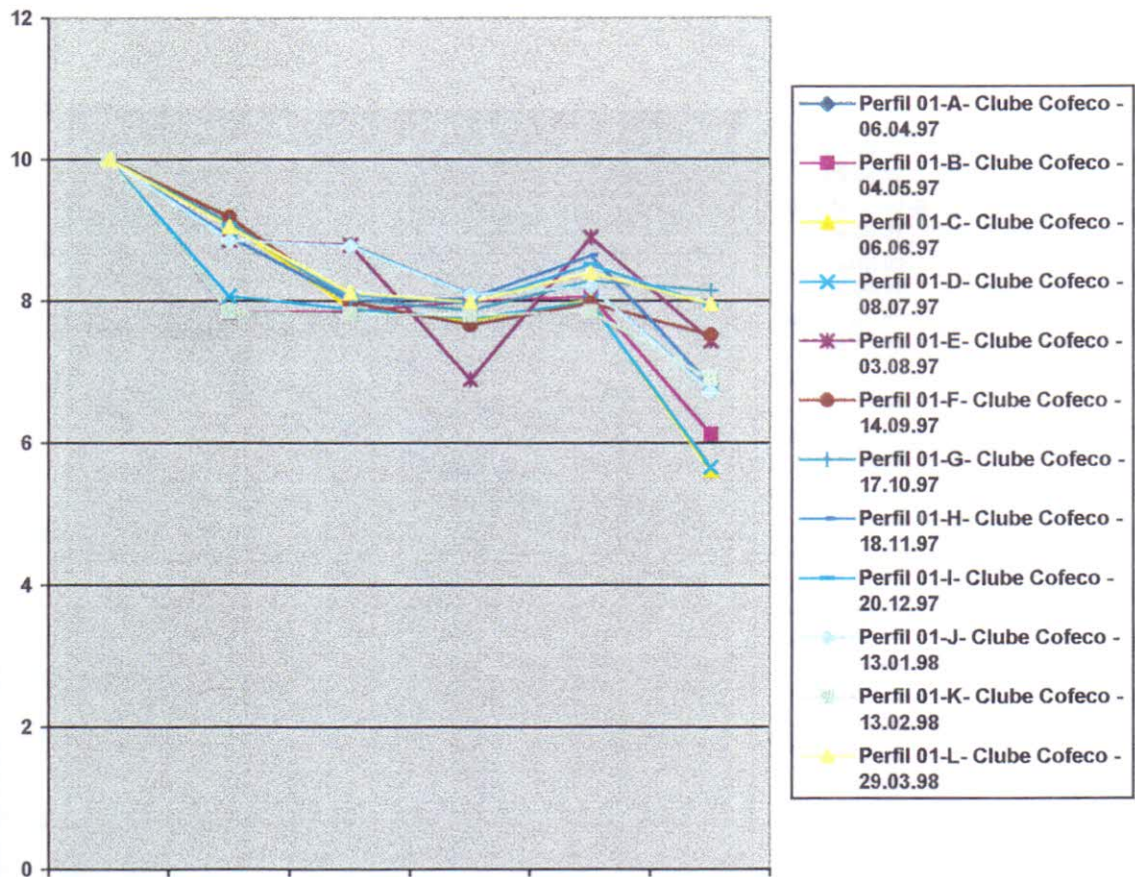


Figura 5.4 - Levantamento topográfico - perfis de praia - correlação entre valores obtidos no perfil 01 no período de abril de 1997 a maio de 1998

Perfil 03-A- P.Sabiaguaba - 06.04.97	10,00	9,44	8,76	7,36	6,49	5,41
Perfil 03-B- P.Sabiaguaba - 04.05.97	10,00	9,57	8,70	7,31	6,77	5,87
Perfil 03-C- P.Sabiaguaba - 06.06.97	10,00	8,47	7,42	7,35	6,73	6,53
Perfil 03-D- P.Sabiaguaba - 08.07.97	10,00	8,85	7,85	7,40	6,14	5,79
Perfil 03-E- P.Sabiaguaba - 03.08.97	10,00	8,15	7,32	6,98	6,27	5,60
Perfil 03-F- P.Sabiaguaba - 14.09.97	10,00	7,67	7,43	7,33	6,73	6,25
Perfil 03-G- P.Sabiaguaba - 17.10.97	10,00	9,27	8,09	7,44	6,75	6,37
Perfil 03-H- P.Sabiaguaba - 18.11.97	10,00	8,66	7,77	6,62	6,10	6,15
Perfil 03-I- P.Sabiaguaba - 20.12.97	10,00	8,67	7,71	6,41	5,97	5,93
Perfil 03-J- P.Sabiaguaba - 13.01.98	10,00	9,40	8,76	7,38	6,48	5,78
Perfil 03-K- P.Sabiaguaba - 13.02.98	10,00	9,57	8,66	7,27	6,76	6,33
Perfil 03-L- P.Sabiaguaba - 29.03.98	10,00	8,44	7,39	7,36	6,76	6,56
Perfil 03-M- P.Sabiaguaba - 26.04.98	10,00	9,18	7,90	7,45	6,22	5,87
Perfil 03-N- P.Sabiaguaba - 26.05.98	10,00	8,17	7,38	7,08	6,42	5,75

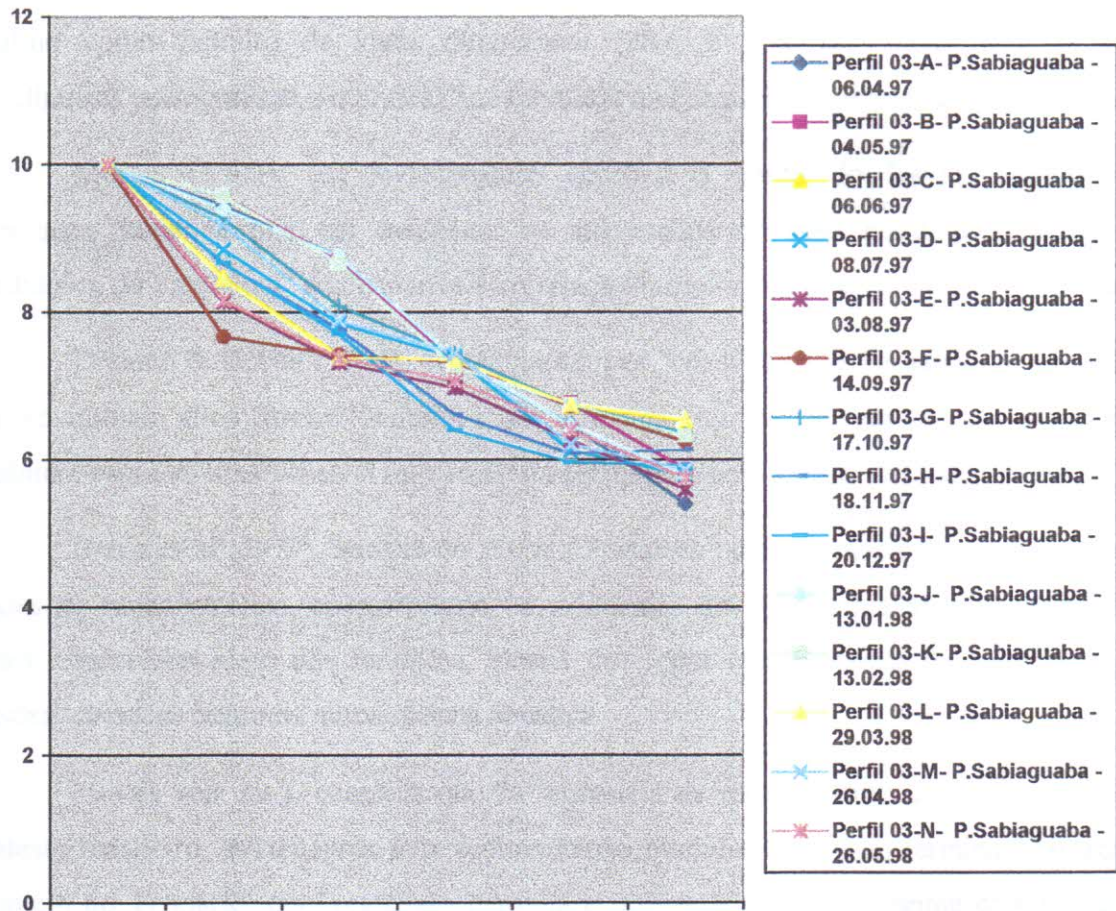


Figura 5.6 - Levantamento topográfico - perfis de praia - correlação entre valores obtidos no perfil 03 no período de abril de 1997 a maio de 1998

6 - EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

6.1 - VULCANISMO ALCALINO

A primeira evidência de vulcanismo alcalino na área continental de Fortaleza é observada a 6 km a nordeste, no serrote Cararu, limite Este da área de estudo.

Almeida (1955), baseado em estudo batimétrico do Oceano Atlântico, notadamente da região entre o arquipélago de Fernando de Noronha e a costa do Rio Grande do Norte, reporta-se para o “alinhamento de altos fundos” em que se encontram esse arquipélago e o Atol das Rocas, ressaltando a possível extensão desse alinhamento ao interior do Ceará.

Vandoros & Oliveira (1968) apud Nascimento et al (1981), ao analisarem o morro Cararu sob o ponto de vista petrográfico, geocronológico e químico, definiram o corpo alcalino como fonólito de idade oligocênica ($28,6 \pm 9 \times 10^6$ anos), enfatizando as semelhanças petrográficas e químicas aos fonólitos de Fernando de Noronha.

Morais (1980), em levantamento acústico a bordo do Navio Oceanográfico Almirante Saldanha põe em evidência os alto-fundos do piso marinho ao longo das imediações do Paralelo 4º confirmando a correlação litoral-submarina no Estado do Ceará.

Damuth & Gorini (1976), denominaram por “cordilheira de Fernando de Noronha o alinhamento de altos fundos” referidos por Almeida (op. cit.) e, em esboço do substrato oceânico, sugerem uma possível interseção da cordilheira com a linha da costa do Ceará.

Braga et al (1977), através do Projeto Fortaleza mapeou vários “necks” e inúmeros diques de rocha alcalina, comprovando as evidências do vulcanismo alcalino continental. Foram observados além dos fonólitos, blocos de rochas características de tufos com duas bruscas variações texturais numa mesma amostra.

Morais (op. cit.), concluiu que “a tendência de rebaixamento da faixa costeira do nordeste brasileiro, evidenciada pela sedimentação marinha Cretácica, termina basicamente no início do Terciário, com regressão marinha e implantação de um regime continental. Os sedimentos de origem continental, depositados na zona subsidente e misturados aos de origem vulcânica, foram transformados no meio aquoso da sedimentação, originando a bentonita, justamente na parte mais inferior do Grupo Barreiras”. Esse autor concluiu ainda, que “os aspectos da morfologia submarina revelam o alinhamento de vulcões submarinos, no sentido

Este-Oeste, constituído pelo Morro Cararu, bancos submersos, Atol das Rocas e Arquipélago de Fernando de Noronha”.

Segundo Lira (1989) apud Arthaud et al (1996), as rochas da Pedreira de Sueste, situada na parte central da ilha de Fernando de Noronha, podem ser consideradas às mais resistentes aos processos intempéricos se comparadas com outras rochas que aflorou na ilha de Fernando de Noronha. Suas características geotécnicas determinadas por testes físicos, como densidade e abrasão, podem ser consideradas boas em relação a outras exposições de afloramentos rochosos que ocorrem na região.

Empróbio (1996) apud Arthaud et al (1996), relata que as razões técnicas para a escolha da Pedreira de Sueste para suprimento de “pedra brita” e “pó de pedra” às obras civis de projetos a serem desenvolvidos na ilha de Fernando de Noronha, deve-se à qualidade de sua rocha porfírica com ausência de olivina.

Arthaud et al (op. cit.), em observações efetuadas na Pedreira de Sueste, evidenciaram que, petrograficamente, as rochas explotadas são fonólitos porfíricos, maciços, que exibem leves variações locais de composição e/ou texturas, sem contudo apresentarem estruturas primárias magmáticas, tais como lineações ou *layering*. Observaram ainda, que em alguns locais da pedreira a alteração destaca um sistema de juntas, provavelmente de resfriamento, ligadas à atividade magmática, que delimita colunas de seções losangulares.

6.1.1 - Resultados das Análises da Amostra Coletada na Pedreira de Sueste Ilha de Fernando de Noronha

a) Características macroscópicas

- Cor

No estado seco - Cinza-escura com pequenas pontuações esbranquiçadas e avermelhadas.

No estado úmido - Cinza-escura com pequenas pontuações esbranquiçadas e avermelhadas

Estrutura: Maciça/ maioria cristais e/pórfiros

Granulação/granulometria: fina (cristais da matriz \ll 1mm)

Observações:

- Rocha composta predominantemente por minerais ferromagnesianos (principalmente piroxênios e olivinas). Presença de amígdalas e vesículas de plagioclásio;
- A amostra apresenta capa de alteração de cor marrom-avermelhada.

b) Características microscópicas

- ⇒ Textura: Microporfírica;
- ⇒ Minerais Essenciais - aprox. 99%;
- ⇒ Matriz - faixa > 70% < 90% - aprox. 79%;
- ⇒ Pórfiros - faixa > 10% < 30% - aprox. 19%;
- ⇒ Minerais Acessórios - aprox. 1%;
- ⇒ Produtos de alteração e micro inclusões não identificadas.

Observações:

- A matriz é composta por piroxênios (CPx, provalmente cruzeta), plagioclásio cálcico, alguma olivina e minerais opacos (óxidos de ferro, provalmente magnetita e hematita);
- Os fenocristais estão representados, fundamentalmente por olivinas, predominantemente subedrais, embora ocorram cristais anedrais e euhedrais. Apresentam borda substituída por iddingsita;
- Natureza da rocha: de natureza ígnea e composição basáltica.

c) Classificação da rocha: Olivina basalto.

6.1.2 - Resultados das Análises da Amostra Coletada no Morro Cararu (CE)

a) Características macroscópicas.

- Cor

No estado seco - Cinza-esverdeada, com matizes esbranquiçadas.

No estado úmido - Cinza-esverdeada, com matizes esbranquiçadas.

Estrutura: Maciça - Porfírica

Granulação/granulometria: Matriz fina e fenocristais (pórfiros médios)

Observações:

- Rocha ígnea - vulcânica/afanítica - porfírica, composta essencialmente por feldspatos e minerais do grupo dos piroxênios e/ou anfibólios.

b) Características microscópicas

⇒ Textura: Porfírica (Microporfírica);

⇒ Minerais Essenciais - aprox. 97%;

↳ Grupo dos Feldspatos - (Sanidina - ortoclásio) - Faixa > 50% < 70% - aprox. 61%;

↳ Grupo dos Feldspatóides (Nefelina e provavelmente leucita) - faixa > 20% < 40% - aprox. 20%;

↳ Grupo dos Piroxênios - Anfibólios (sódicos) - faixa > 5% < 10% - aprox. 8%;

↳ Grupo das Zeólitas - faixa > 5% < 10% - aprox. 8%.

⇒ Minerais Acessórios - aprox. 3%.

Os minerais acessórios mais significativos são massas amorfas, titanita, minerais de argila neoformados/produtos de alteração e microinclusões não identificadas.

Observações:

- A matriz está representada por micrólitos de k-feldspatos (exibindo, comumente, processos de substituição - alteração para minerais de argila), feldspatóides e acúmulo de minerais do “grupo dos anfibólios sódicos” (na faixa da aegirina anfibólio sódico). São observadas também concentração de massas amorfas e vesículas e amígdalas preenchidas com zeólitas e carbonatos;

- Os pórfiros estão representados por sanidinas ou ortoclásio, às vezes, em cristais prismáticos, tabulares - ripiformes, registrando extinção ondulante e parciais efeitos de recristalização. Também como pórfiros temos nefelina em cristais prismáticos - curtos e hexagonais, às vezes, zonadas e fraturados;

Natureza da Rocha: rocha ígnea vulcânica alcalina.

b) Classificação da rocha: Fonólito (nefelina fonólito)

6.2 - FORMAÇÃO BARREIRAS

Esta Formação apresenta-se de forma irregular ao longo da costa, sobrepondo-se discordantemente sobre a superfície de erosão das rochas pré-cambrianas e sotopondo-se às coberturas sedimentares recentes.

É constituída por sedimentos de composição areno-argilosa contendo níveis de argila e por vezes leitos conglomeráticos com seixos de quartzo e concreções ferruginosas. A coloração é variada, predominando a vermelha e amarelada. Trata-se de uma unidade continental, justificando-se pela presença de grãos de quartzo sub-angulosos e sub-redondados associados à matriz e ainda pela ausência de orientação destes elementos, sugerindo deposições por correntes fluviais (Figura 6.1).

A Formação Barreiras exibe uma ligeira inflexão em direção ao oceano, refletindo uma superimposição do paleorelevo. Na região em epígrafe, seus afloramentos mais representativos podem ser observados nas zonas de contato com as paleodunas, onde nos períodos de chuvas, constituem pequenas fontes.

6.3 - SEDIMENTOS LITORÂNEOS

Correspondem a sedimentos de idade recente que ocorrem na planície litorânea e setores de morfologia ondulada da área. Compreendem sedimentos de formações dunares e areias de praia, estando condicionados ao desenvolvimento morfológico do litoral. Ocorrem por toda a linha da costa, ao longo das praias, ocupando faixas de larguras variadas (Figura 6.1).

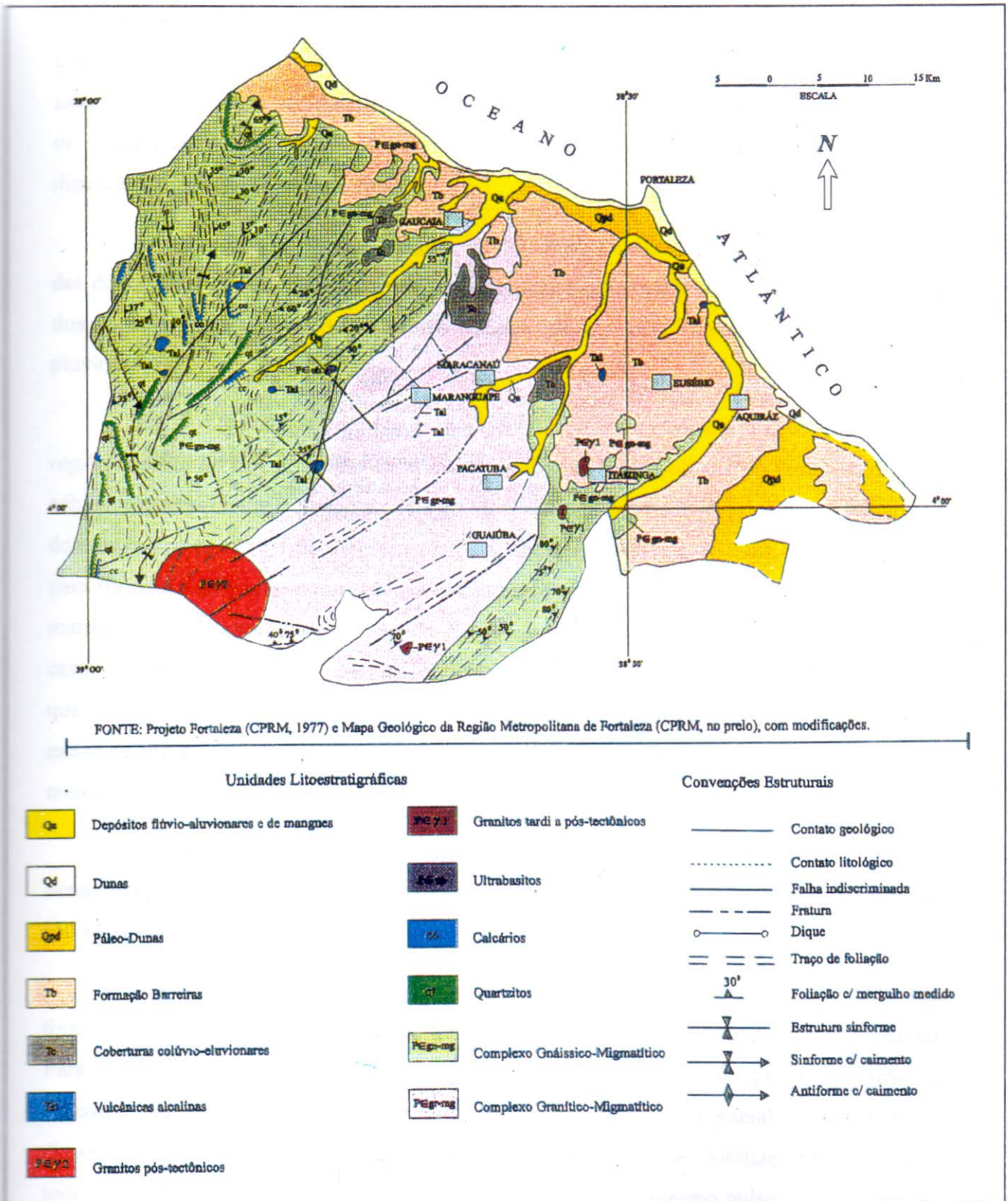


Figura 6.1 - Mapa geológico simplificado

O conjunto das dunas móveis, fixas e semi-fixas, constituem um cordão contínuo, que se desenvolve paralelo à linha de costa, capeando a Formação Barreiras, correspondem a depósitos eólicos, formados essencialmente por grãos de quartzo bem selecionados, de granulação fina a média, e coloração esbranquiçada. Os cordões dunares têm sua origem associada ao aporte de sedimentos derivados das areias de praia e ao posicionamento da linha de costa com relação à direção geral dos ventos. Estas formações encontram-se bem distribuídas ao longo de toda a área.

Observa-se a presença de lagoas interdunares, localizadas nas pequenas depressões das dunas fixas ou móveis, provavelmente originadas pelo confinamento das águas através dos cordões dunares, sendo resultantes da elevação do lençol freático e da precipitação pluviométrica.

Estudos realizados por Maia et al. (1997), sobre o transporte eólico de sedimentos da região costeira do Ceará, separaram o litoral da Região Metropolitana de Fortaleza em duas células costeiras distintas, tendo a ponta do Mucuripe como divisor. A primeira, a barlamar, é dominada por processos de acreção marinha, supressão eólica e se constitui na área fonte para formação de dunas, ocorrendo o inverso na célula a sotamar, onde domina a supressão marinha e a acreção eólica. A área da Região de Sabiaguaba/Gereberaba está no primeiro caso. As medidas associadas com as velocidades dos ventos em alturas variáveis revelaram que “a intensidade do vento aumenta com a altura de forma log-linear”. A velocidade “a um metro de altura foi vinte vezes maior que a velocidade de cisalha”. O transporte de sedimentos cresce exponencialmente com o aumento da velocidade

As dunas da região são representadas por quatro gerações distintas, compreendendo: dunas reliquiárias, dunas móveis, dunas fixas e paleodunas, sendo que na área em estudo não são encontradas dunas reliquiárias.

Um corpo de uma geração de dunas tem definida sua configuração quando suas fontes deixam de fornecer materiais ou a duna é fixada, por processos naturais ou artificiais. Para atribuir-se uma divisão entre gerações de dunas, considera-se que a formação de depósitos eólicos poderia ser definida como resultado temporal e espacial do somatório da disponibilidade de material e incidência de energia eólica capaz de mobilizar e transportar os sedimentos na forma de dunas e/ou outras feições durante um mesmo pulso. Esta duraria até cessar ou diminuir bastante as condições propícias à ação eólica ou ocorrer uma mudança nas condições e/ou variações eustáticas (nível da maré). Considera-se também no contexto da

geração de dunas que a fonte de materiais poderia ser dividida em primária e secundária. Na primeira, o vento trabalha materiais não eólicos, enquanto que na secundária os materiais podem pertencer a uma geração de dunas em movimento muito mais antigas.

A primeira geração de dunas, a mais antiga, apresenta-se na forma de dunas parabólicas que penetram no continente. Essas feições ocorrem de forma bastante dissecada geralmente associada a atividade antrópica, sendo recoberta por vegetação. Embora possam ser observadas no campo, a maioria é identificada apenas em fotografia aérea. Esta geração de dunas exibe superfície ondulada, bastante vegetada, com espessa camada de solo. Seus sedimentos, em geral, são moderadamente a bem selecionados, classificados como areias médias e, eventualmente, como areias finas, com proporções insignificantes de material abaixo de 0,062 mm, composto basicamente de matéria orgânica, ligado ao desenvolvimento de solo. Sua coloração varia de cinza a amarela esbranquiçada. A composição mineralógica tem o quartzo como componente principal, sendo turmalina, zircão, monazita e ilmenita, acessórios. Alguns fragmentos de carapaças de animais marinhos compostas de carbonatos de cálcio são encontrados na massa de areias. Os grãos mais grossos, são essencialmente quartzosos, foscos e com esfericidade média.

A segunda geração é representada por extensos campos vegetados (fixos), apresentando-se na forma de lençóis exibindo suas extremidades, no sentido contrário a direção do vento, moldados na forma de dunas parabólicas. São estes os campos que alcançam as maiores altitudes. São constituídas de areias bem selecionadas, médias e, mais raramente, finas de composição basicamente quartzosas, apresentando como acessórios turmalina, ilmenita, zircão e monazitas. Também exibem carapaças de animais marinhos constituídas de carbonato de cálcio, com mais frequência do que nas dunas de primeira geração. A presença de matéria orgânica também é expressiva dentro do limite de finos que são inferiores a 5%, vez que o desenvolvimento de solos é considerável pela abundância da vegetação.

A terceira geração de dunas é considerada aqui pela presença de arenitos dunares, testemunhos da oscilação do nível do mar nos últimos 5.000 anos. A geração dessas dunas reliquiares ocorreu durante a última elevação do nível do mar durante o Holoceno, que, a partir daí foi baixando, até atingir o nível atual. Neste caso, com a regressão, os sedimentos das dunas foram cimentados por carbonatos de cálcio, disponível no litoral, o que gerou o

aparecimento das dunas reliquiárias na costa do Ceará, no entanto, conforme citado anteriormente, estas não foram constatadas na área em estudo.

A quarta geração é representada pelas dunas móveis ou atuais, que se deslocam diretamente sobre os depósitos das gerações anteriores, assoreando lagoas e projetando-se sobre os mangues e leitos dos rios da área. São compostas por areias bem selecionadas classificadas como areias médias e, mais raramente, finas. Sua composição é, basicamente, quartzosa, apresentando como acessórios turmalina, ilmenita, zircão e monazita. Os fragmentos de carapaças de carbonato de cálcio de animais marinhos são mais frequentes que nas gerações anteriores. Estas dunas têm a forma de extensos lençóis, ocorrendo também como pequenas sombras arenosas, bem como feições interdunares. Na área, é a feição mais frequente, as vezes recobertas por vegetação pioneira, principalmente do tipo gramínea herbácea. Nos sedimentos destas dunas de quarta geração (atuais), são observadas estratificações cruzadas acanaladas e plano paralelas, com mergulho médio de 30°. As dunas mais jovens mostram estratificação cruzada próxima ao topo com menor inclinação (29 a 22°) devido a erosão deste topo, tornando-o mais plano, antes da sedimentação de novo estrato.

Discordantemente sobre os sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras repousam, na faixa costeira, dunas fixas, semi-fixas e móveis. A região em epígrafe tem influência direta do transporte eólico que mobiliza ao longo da praia os sedimentos provenientes das próprias dunas, alimentando constantemente a praia e recobrando terraços holocênicos construídos nas fases regressivas da última transgressão marinha.

Os cordões dunares se distribuem paralelamente à costa, no sentido SE-NW, se interpondo ao caminhamento dos sedimentos. As lagoas localizadas à retaguarda das dunas, são alimentadas pelos riachos e exutórios das dunas, sendo estas lagoas, em geral, formadas pelo avanço dos sedimentos sobre os canais fluviais que impedem a desembocadura dos rios e riachos até a praia.

O mecanismo da evolução da costa neste segmento do litoral, é provável que tenha ocorrido através do transporte eólico de ventos provenientes do quadrante leste-sudeste, associados ao transporte da corrente longitudinal para noroeste, formando extensos campos de dunas que obstruíram parcialmente ou totalmente, ou ainda formaram o escoamento da drenagem superficial até a desembocadura no oceano.

6.4 - DEPÓSITOS ALUVIAIS

Esta unidade geológica corresponde aos sedimentos das margens e leitos das drenagens dos rios Cocó e Pacoti, conforme descrito no item 4.2 - Condições Fluviais dos Rios Pacoti e Cocó.

As aluviões são representadas pelos depósitos fluviais, lacustres e flúvio-marinhos, que ocorrem associados a morfologia atual da drenagem natural.

Litologicamente, de modo geral, as aluviões são constituídas por areias finas a grossas, de coloração cinza-clara ou amarela-clara com variações para tonalidades escuras, ocorrendo localmente até cascalhos grosseiros, fragmentos de rocha, e argilas com matéria orgânica em decomposição.

Os depósitos aluvionares estão associados aos rios Pacoti e Cocó. A largura da faixa aluvial é variável, coincidindo, via de regra com a cota sazonal, sendo as aluviões representadas por areias finas, de cores variegadas, incluído cascalhos e argilas com muita matéria orgânica em decomposição.

A composição mineralógica é essencialmente formada de grãos de quartzo, caracterizando-se por areias de coloração clara, creme-esbranquiçada, constituindo um único depósito com suaves ondulações.

7 - DINÂMICA SEDIMENTAR EROSIVA E DEPOSICIONAL

Uma duna de areia é uma acumulação de areia frouxa que age como um obstáculo ao vento e está sujeita a uma deformação pelo vento. As partículas de areia começam a se mover quando a tensão de cisalha gerada pelo vento ultrapassa o valor crítico. Estes valores variam de ponto a ponto, no obstáculo, devido ao fluxo do fluido não ser uniforme, como mostram as linhas das correntes. Como o movimento da areia está diretamente relacionado à tensão de cisalha, que por seu turno é função da velocidade do fluxo de ar, o resultado é que a areia é removida e transportada da face de barlavento para a face oposta onde é depositada, (Bagnold, 1954).

As linhas de fluxo bem como a forma das dunas, também variam com a velocidade do vento. Com ventos de baixa velocidade a tensão de cisalha não alcança o valor crítico para a remoção e transporte da areia exceto na crista da duna. A areia então é removida do lado da direção do vento (barlavento) da crista e sedimentada na zona de deposição desta crista. Onde as linhas de fluxo divergem. Entretanto, ventos de baixa velocidade têm a tendência de achatarem e alongarem os perfis das dunas. Ventos de alta velocidade irão então levar o topo das dunas e torná-las mais íngremes. Nas velocidades de ventos extremamente altas o vento pode chegar à duna já carregado de areia, a maior parte da qual pode ser depositada no lado de sedimentação da encosta. A deposição de areia neste lado ocorre a uma certa distância da direção de divergência de fluxo do vento, devido a um efeito de retardo. A deposição máxima ocorre mais ou menos a uma distância estabelecida na direção do vento para baixo da crista da duna, para grandes variações na velocidade do vento. À medida que o tamanho da duna aumenta, a localização da deposição máxima aumenta na elevação e se move para ficar mais próxima da crista da duna. A ruptura se dá onde há uma crista de duna baixando. O vento entra em turbilhonamento através da crista rebaixada, resultando num aumento da velocidade e remoção de areia da crista, que por sua vez aumenta o tamanho da defasagem na crista da duna. Eventualmente, esta areia é transportada para além da base da duna original e pode acumular num novo local, resultando na formação de nova duna. As rupturas também ocorrem nas frentes das cristas de dunas fixas e são comumente associadas com dunas parabólicas.

Os processos eólicos transportam areia para o continente, de uma estreita faixa de praia, depositando-a em zonas embrionárias e de ante-dunas (*foredune*), inicialmente devido à

vegetação, mas também como resultado de efeitos topográficos. A praia é uma faixa de areia estreita que se estende do nível de maré alta ao topo das dunas de litoral ou frontal (*foredune*) ou, na ausência da duna frontal, o ponto mais distante atingido pelas ondas nos períodos de maior ressaca. As praias têm como sinônimos, zonas de duna embrionária (*embryo dune*), duna litorânea (*foredune*), duna branca (branca), duna primária (*primary dune*) e duna amarela (*yellow dune*) dos autores europeus.

De acordo com Taylor & Froebel (1990) apud Canadá (1990), as praias e dunas são compostas principalmente de areia quartzosa de 0,16-0,92mm (ocasionalmente a 2,2 mm) com tamanho modal de 0,46 mm e apenas raras ocorrências de tamanhos de grãos mais grossos. Em Sable Island, Canadá, a velocidade crítica para o transporte de areia determinado foi de 5,9 a 6,8 m/s. A velocidade última de cisalha, quando 90% do sedimento foi posto em movimento mostrou valor de 10,1 m/s.

Segundo Goldsmith (1985), as dunas de areia podem ocorrer onde existe um grande suprimento de areia, vento para movê-la, e um local onde possa acumulá-la. O transporte ao longo da costa fornece a areia, e as ondas acumulam-na na praia. O gradiente térmico entre a terra e o mar garante o vento na praia pelo menos por algum tempo, independente do sistema geral de circulação do vento. O clima não é critério para geração de dunas que podem se formar em quaisquer condições exceto em áreas tropicais úmidas com densidade pluviométrica superior a 3.000 milímetros por ano. As costas com chuvas abundantes comumente contêm depósitos eólicos, fixados, desde o início com a vegetação litorânea nativa. Estes depósitos eólicos constituem cristas de dunas interconectadas com as superfícies superiores levemente onduladas que as distinguem das dunas parabólicas. Estas dunas com vegetação crescem muito para cima e são caracterizadas por baixo ângulo de mergulho ou uma combinação de camadas de altos e baixos ângulos.

As dunas podem ser classificadas com base tanto descritiva (forma externa e geometria interna) ou quanto à sua gênese. Os dois principais tipos de dunas de areia de praia são dunas com vegetação, isto é, fixas e dunas de cristas transversas que são migratórias e destituídas de vegetação. Goldsmith et al (1977), subdividiram as dunas de praia em quatro tipos básicos. Com vegetação, artificialmente formadas, “mendaños” e dunas parabólicas. As parabólicas e artificialmente formadas são tipos transicionais entre os dois extremos, as completamente vegetadas e as “mendaños” sem vegetação. A ocorrência de dunas de praias parecem não ter ligação com o clima atual mas com o suprimento de areia e regime de ventos

favoráveis. A fonte original de areias pode ser o sedimento fluvial dos rios que deságuam na costa. Estes sedimentos são carreados para a linha de praia e depositados por ondas e correntes ao longo da praia. Os grãos de areia são retirados e movimentados pelos ventos.

Não existe uma relação simples entre a distribuição direcional da velocidade do vento e o desenvolvimento da duna de areia; ventos de velocidade muito baixa são incapazes de transportar a areia, enquanto ventos de velocidades extremas tendem a destruir as dunas. As velocidades mais altas dos ventos podem ocasionar a orientação das dunas e, quando seguida de chuva pode movimentar mais areia por unidade de tempo que velocidades mais baixas dos ventos dominantes e mais freqüentes. Devido às suas freqüências mais baixas, os ventos de altas velocidades podem não ter muita importância no desenvolvimento de dunas nas regiões de ventos dominantes. Também a direção das linhas de praia com relação aos ventos dominantes e prevaletentes é crítica. A máxima eficiência no desenvolvimento de uma duna se dá quando o vetor resultante do vento está orientado perpendicular à costa. Quando não é normal à costa, podem se formar as dunas com cristas oblíquas às linhas de praias adjacentes.

O tipo mais comum de dunas de costa é o de duna com vegetação. As dunas vegetadas têm geralmente forma de cristas com os topos achatados a ondulados e linhas de cumeadas contínuas mas irregulares, com depressões devido a erosão do próprio vento. As cristas de dunas vegetadas são originadas de dunas parabólicas, com as extremidades mantidas pela vegetação e os centros recessivos no sentido das praias. É comum a ocorrência de uma série de alinhamentos de dunas nem sempre paralelas uma às outras e à costa, refletindo a história acrecional da linha de costa tal como os anéis das camadas das árvores retratam sua evolução. Elas tendem a refletir muito mais o regime dos ventos do que o perfil costeiro.

As dunas de areia de praia se iniciam nas costas de acreção acima do nível de maré alta. A acumulação de areia normalmente começa por trás de algum obstáculo ou rugosidade na praia ou vegetação. Os grãos de areia movendo-se através do vento não seguem exatamente suas linhas de fluxo pois o grosso da areia se desloca por escorregamento ou saltação. Eventualmente, muitos grãos permanecem dentro destas zonas de sombras relativamente estagnantes, acumulando-se num monte que vai crescendo com as encostas assumindo o ângulo de repouso, que para areias secas varia entre 32 e 34°, dependendo do tamanho do grão, com a areia mais grosseira exibindo ângulos mais fortes, de acordo com Bagnold (op. cit.).

As dunas de areias de costa vegetadas têm uma geometria interna distinta. As distribuições de azimutes se correlacionam estreitamente tanto com a direção dos ventos de velocidades médias dominantes e máximas. A vegetação, no entanto, retém e estabiliza as dunas, impedindo a sua migração e dando origem à formação de estratificação cruzada de baixo ângulo. Por isso existe uma relação entre a densidade da vegetação e a proporção de camadas de baixo ângulo.

As dunas de cristas transversas ou migratórias são caracterizadas pela ausência de vegetação que as retenham, e se movem em direção ao interior do continente como consequência do sentido do movimento dos ventos dominantes e têm uma superfície de deslizamento bem definida igual ou próxima ao ângulo de repouso e se estende como uma única e grande estrutura. As cristas transversais maiores têm linhas de cumeadas tanto retas como sinuosas, com mais de 1 quilômetro de comprimento ou tomam a forma de barcanas isoladas, que migram para o continente na razão de 10 a 30 metros por ano. A altura média é de 30 a 50 metros e podem ou não estar associadas às dunas fixas. As dunas de cristas transversais são, de acordo com Bagnold (op. cit.), “um morro ou colina de areia que se ergue com um só topo”. As dunas de precipitação, um tipo de duna transversa, depositam areia na frente e comumente migram sobre casas, estradas, rios, matas, mangues e estuários, atrás das barreiras. A origem do nome é derivada do processo pelo qual a areia se precipita sobre florestas, casas ou qualquer outro obstáculo que esteja no seu caminho. O crescimento ininterrupto e a migração das dunas pode cortar o fluxo dos rios para o mar e pode gerar a acumulação de água nas depressões entre as dunas, especialmente se o lençol freático é suficientemente elevado.

O “mendaño” é um tipo especial de duna sem vegetação (Goldsmith et al, 1977). É uma colina arenosa, alta, íngreme e isolada com dezenas a centenas de metros de altura, formada por um regime de vento polimodal ou bimodal, com areia movendo de modo ascendente até o topo, em várias direções. Parecem ser típicas de costas, não sendo encontradas em áreas de desertos. Sob condições de ventos de altas velocidades, com comprimentos de ondas de 1 a 20 metros, formam-se com diferentes direções como consequência da variação das direções dos ventos. Quando a vegetação bloqueia numa direção o transporte de areia, a altura do “mendaño” diminui e a duna resultante mais parece uma duna transversa, que migra sobre a vegetação bloqueante. Assim, o plantio de vegetação num lado de colina estável, pode transformá-la numa duna transversa móvel.

Os grandes campos de dunas parabólicas de costa se formam por trás das dunas frontais (foredunes). São caracterizadas por uma forma planar distinta e têm geralmente 5 a 10 metros de altura e 1 a 2 quilômetros de comprimento. Menos elevadas que as descritas anteriormente, estas dunas no seu estágio inicial têm uma zona de fluxo na direção do vento esvaziada no lado do nível freático que é envolvida pelos dois braços. E uma face de deslizamento no lado convexo de deslocamento do vento. No estágio final, devido o efeito estabilizante da vegetação na duna, a geometria interna lembra de perto as dunas fixas.

Em climas áridos, onde há um adequado suprimento de areia, a ausência de vegetação é um fator dominante na geomorfologia das dunas de areia de praia. A areia forma grandes, distintas, e geometricamente regulares massas de dunas que migram para o continente sobre influência dos ventos dominantes (McKee, 1979). Uma duna comum deste tipo é a duna barcana. Um caso típico destas dunas é encontrado no Peru. Lá a linha de costa tem pouca chuva, muito pouca umidade, sem vegetação e muito pequena variação anual de temperatura. Esta ausência de vegetação significa dizer que quase nada retém a areia quando ela começa a se mover.

Os cálculos de Finkel (1959) mostram que os ventos efetivos têm uma velocidade de 5,27 metros por segundo. O vento reverso parece não afetar o movimento das dunas. As dunas têm média de 3,5 metros de altura, extensão de 120 metros e largura de 37,2 metros. A face de deposição e deslizamento tem um ângulo de repouso de 32° a 33°, enquanto que na encosta a barlavento o ângulo varia de 5 a 10°. A distribuição do tamanho de grão mostra um decréscimo no tamanho dos grãos na direção do transporte. Distribuição seletiva da granulometria é mostrada também nas caudas das barcanas (isto é, a ponta da encosta à barlavento) tem uma granulometria mais grosseira do que nas caldas e nas cristas. Estas dunas caminham na direção do vento pelo transporte da areia para a face de escorregamento, que se torna instável. Em média, as dunas caminham a uma razão de 10 a 30 metros anualmente. Elas não parecem ser detidas, ou retardadas, por colinas morros ou acidentes topográficos maiores; as dunas sempre têm a tendência de migrarem morro acima. Isto é provavelmente devido ao impacto do vento sobre uma superfície basculada no sentido em que é mais resistente do que uma basculada para fora dele.

O transporte de areia pelo vento ocorre, por ordem de importância, através de saltação, escorregamento e em suspensão. As pequenas partículas (<60-70 μ m) são transportadas, normalmente, por suspensão; por saltação são carreadas as areias entre 60 e

100 μ m e, aquelas de diâmetros superiores a 500 μ m, mas que são menos expostas e são empurradas pelo impacto dos outros grãos, sofrem apenas escorregamento. A saltação pura ocorre quando o componente turbulento vertical da velocidade não tem efeito significativo na trajetória da partícula. Não existe uma distinção nítida entre a verdadeira suspensão e saltação. Devido as grandes diferenças de densidade dos grãos de areia e do ar, o transporte em suspensão é pouco importante nas dunas de praia. A verdadeira suspensão só ocorre quando a velocidade de deposição da partícula é muito menor que a velocidade oriunda da tensão de cisalha. Esta é uma das grandes diferenças entre os transportes eólico e subaquático. Basicamente, uma partícula em repouso começa a se movimentar quando a tensão de cisalha sobre a superfície de um grão excede o valor crítico. A partícula pode ser movimentada, tanto diretamente pelo vento quanto pelo impacto das outras partículas já em movimento. A velocidade crítica de cisalha depende diretamente do diâmetro e da densidade da partícula. Os grãos com diâmetro de cerca de 0,10 mm são os primeiros movimentados por um vento de velocidade crescente; também pode-se notar que o impacto da velocidade inicial é cerca de 80% da inicial do fluido.

Não importa o quanto o vento sopra, nem o tamanho do gradiente da velocidade, a velocidade do vento numa certa altura permanece quase a mesma (Bagnold, op. cit.). De acordo com este autor o transporte de areia representa uma contínua perda de momento pelo vento. A maioria do transporte ocorre através da saltação, cerca de 25% como escorregamento e uma pequena percentagem como suspensão.

Johnson (1965), usando dados experimentais, achou que com um alto teor de água (um excesso de 1%) a velocidade do vento necessária para iniciar o movimento da areia torna-se altamente afetada. De acordo com trabalhos citados em Nickling & Davidson-Arnott (1990) apud Davis Jr. (1997), acima de 4% de água no sedimento “a taxa de transporte é reduzida dramaticamente comparando com o valor da areia seca, mas o efeito não é evidente para ventos que excedam muito a velocidade de início do movimento”.

Belly (1964), mostrou, em estudos de túnel de vento, que uma mistura gravimétrica de 0.6%, na superfície do terreno pode dobrar a velocidade necessária para o início do transporte e que acima do teor de 5% desta mistura o material de granulometria de areia é resistente ao deslocamento pela maioria dos ventos naturais. Na realidade qualquer crosta, não importa o modo de formação, argila, fungos, algas ou precipitação de sais solúveis, pode evitar e erosão por aumentar a velocidade para retirada de partículas da superfície e

decaimento do suprimento de grãos de areia na corrente de ar. A rugosidade do terreno tem esta mesma propriedade de dificultar o movimento da areia.

Chepil & Woodruff (1963) apud Davis Jr. (1997), sugerem que solos com 20 a 30% de argila, 40 a 50% de silte e 20 a 40% de areia, produzem o maior número de solos não erodíveis com o maior grau de estabilidade mecânica e é o menos afetado pela abrasão.

Durante o transporte eólico o sedimento carregado está sujeito a um selecionamento, arredondamento e escavação da superfície, todos dando características particulares aos sedimentos eólicos. Um considerável esforço foi feito para determinar as características do tamanho dos grãos dos sedimentos eólicos e assim detectar ambientes eólicos e distingui-los de sedimentos de praia, fluvial, plataforma e outros ambientes sedimentares, nas descrições genéticas das rochas. Os parâmetros texturais padrões empregados são o diâmetro médio do grão, desvio padrão, angulosidade e curtose. Em geral, as dunas de areia são mais finas, melhor selecionadas, positivamente angulosas, tem uma alta curtose. E são mais arredondadas do que as fontes de sedimento nas praias adjacentes. Quando várias unidades sedimentológicas são amostradas, amostras de dunas são sempre bimodais. Isto ocorre porque a formação de um depósito de vento tardio por meio do qual o sedimentos mais finos podem se mover diferencialmente pelo vento, deixando um depósito tardio mais grosseiro na superfície da duna. Em geral, a melhor característica para se distinguir o transporte eólico do subaquoso, é provavelmente uma angulosidade positiva, indicativa de finos transportados pelo vento em suspensão. As partículas mais finas transportadas pela água seriam menos passíveis de deposição, exceto em condições específicas (lagunas) deixariam outros paleoindicadores.

Bagnold (op. cit.), acha que a taxa de descarga dos sedimentos aumenta à medida que o selecionamento aumenta de um tamanho de grão para a distribuição “natural” em áreas de dunas. Além do mais esta “gradação natural” da areia movimentada pelo vento pode ser separada em três componentes que correspondem aos três modos de transporte, saltação escorregamento e suspensão.

Williams (1964) achou que havia uma distinta distribuição de tamanho na areia coletada em diferentes alturas, e que o selecionamento aumentava na razão direta do logaritmo da altura. Surpreendentemente, esta distribuição de tamanho permanece constante para uma variedade de velocidade de vento e forma do grão. Entretanto, numa superfície rugosa e irregular a carga por saltação pode se mover para frente e ser separada do escorregamento de superfície. Devido a grande interação e troca entre estes dois

componentes, qualquer separação e aumento de granulometria é um processo gradual e tênue na medida em que a areia é inicialmente bem selecionada. O processo mais importante de selecionamento nas áreas de costa ocorre nas faces das dunas. Os sedimentos mais grosseiros se encontram nas partes mais baixas das dunas e nas partes baixas entre as dunas. Comumente a diferença entre o tamanho médio dos grãos entre estes dois ambientes de duna é maior do que entre a duna e a praia adjacente (Goldsmith, 1972).

As marcas de ondas de grânulos (*granule ripples*) formam-se junto a áreas de depósitos grosseiros tardios. Na zona de costa duas áreas principais estão nas depressões entre as dunas e nas áreas onde as grandes ondas se esparramam. Elas se movem através das superfícies de areias mais finas sob a influência do vento como cúspides isoladas ondas lineares. Muitas destas ondas se acumulam de forma escalonada ou cadeias lineares e apresentam uma direção semelhante a barcanas e/ou dunas parabólicas em forma e movimentos. Elas são normalmente assimétricas, são mais largas, e se movem mais lentamente que as ondas de areia. Nas zonas de costas têm em média mais de 2 metros de comprimento de onda e acima de 15 centímetros de altura embora possam ter metade dessa dimensão. Elas são normalmente assimétricas enquanto as marcas de ondas de areias (*sand ripples*). As marcas de ondas de areia nas zonas de costa fornecem um bom indicador das direções de ventos locais e a complexidade das correntes de vento em torno das dunas. Sua presença à sotavento de uma crista de duna transversa, por exemplo, pode mostrar o transporte paralelo à crista da duna, resultante de fluxo helicoidal de vento local. Observações levadas a cabo por Sharp (1963), mostraram que sob ventos de 11 metros por segundo, as marcas de onda de areia podem se formar em minutos.

Olson (1958), mostra para o caso de dunas em Michigan, antes de ser plantada a vegetação, ocorria erosão no topo nas encostas das dunas, depois do plantio, passou a ocorrer uma deposição, no fim de dois anos mais de 60 centímetros de areia já tinha acumulado. Uma rápida deposição continuou ao longo de mais 8 anos, à medida que a vegetação continuou a florescer e se espalhar a partir da área originalmente plantada.

Taylor & Froebel (1990) apud Davis Jr. (1997), citam o caso em Sable Island, Canadá, em que para ventos superiores a 6,8 m/s, de 1981 a 1982 a parte central da linha de crista de uma duna foi rebaixada de 1,8 metros, e a areia depositada na encosta abaixo. Lembram eles que a morfologia da areia retida era dominada pela direção dos ventos superiores a 6,8 m/s e, em áreas de sedimentos abundantes, flutuações dos níveis de areia de



0,3 a 0,9 m foram observadas nas cristas das dunas e de 2 a 4 m nas zonas de deposição das cristas, onde os novos sedimentos foram continuamente supridos nas dunas vegetadas, a acumulação atingiu média de 0,3 a 0,5 m e um máximo de 1 m por ano.



8 - TERMINOLOGIAS UTILIZADAS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

A questão ambiental no Brasil, embora mais de duas décadas tenham passado desde a 1ª Conferência Internacional sobre o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo em 1972, ainda mostra-se indefinida quanto a conceituações utilizadas no meio comercial, técnico ou científico.

Sell (1953), considera os termos:

“*Rehabilitation* - reabilitação, restaurados;

Recuperation - recuperação, reaproveitamento;

Reclaimed - recuperado; reclaimed land- terreno recuperado;

Reclamation - recuperação, aproveitamento, retorno; reclamation land- melhoramento (recuperação e beneficiamento) de terreno.”

Thrush (1968), faz as seguintes conceituações:

“*Reclamation* - a recuperação do carvão ou minério de uma mina, ou parte de uma mina, àquela que tenha sido abandonada por causa de fogo, água, ou outra causa.

Rehabilitation - um período de ativo exercício e trabalho convenientemente gradativo na ordem para restabelecer certos mineradores prejudicados (lesados) pela capacidade integral de trabalho”.

Down & Stocks (1978), destacam a confusão de uso das terminologias: reabilitação, recuperação e restauração, e citam o exemplo da Comissão Britânica sobre Mineração e Meio Ambiente, que admite como:

- a) Restauração (*restoration*) - “recriar condições prévias apropriadas para usos da área”;
- b) Reabilitação (*rehabilitation*) - “criar condições para um novo e substancial uso para o local (área) da mina”;
- c) Recuperação (*reclamation*) - “retorno da área abandonada para alguns usos”.

Maschio et al (1992), citam as “grandes divergências e subjetividades” com que é tratado o tema degradação, admitindo o termo recuperação como o genérico e o mais aceito, sendo utilizado até na Constituição Brasileira de 1988. Com referência a restauração (retorno ao estado inicial), é considerada terminologia de difícil uso alegando que um ecossistema inclui plantas, animais, fatores bióticos e abióticos e funções estéticas, hidrológicas, etc.. Porém, ainda menciona sugestão de Carpanezzi et al (1990) apud Silva (1995), “a recuperação de um ecossistema não deve ser confundida com ações superficiais como às que visam a produção florestal, por exemplo”. Defendem também a necessidade da uniformização de conceitos sobre degradação e recuperação segundo os limites espaço-temporais pré-fixados dentro da visão do desenvolvimento sustentável.

Zamberlan et al (1985), diz que reabilitação “tem por objetivo restabelecer o equilíbrio ecológico da região afetada e permitir que a terra seja aproveitada pelo homem. Este aproveitamento pode assumir as mais diferentes formas tais como, reflorestamento, pastagens, agricultura, lazer, etc.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis - IBAMA, 1990, admite como “recuperação ambiental o retorno do sítio degradado às condições mínimas de uso do solo, via um planejamento pré-estabelecido”.

Majer (1989) apud IBAMA (1990), considera o termo recuperação de forma mais abrangente: “composto por todos os processos que visam novos usos às áreas degradadas, sejam via planejamento e obras de engenharia ou trabalhos biológicos”. O mesmo autor considera “reabilitação como o retorno da área a partir de condições biológicas adequadas a sua utilização final, seja com fins produtivos (lucrativos ou não), recreação ou de valor ecológico”. No entanto, baseado no poder de interferência humana, Majer a divide em: reabilitação condicional (o homem como elemento inibidor ou acelerador dos fenômenos naturais) e reabilitação auto-sustentável (total interferência humana ao alcance das condições bióticas necessárias).

Com relação a problemática ambiental decorrente das atividades de mineração, especificamente a degradação de sítios direta e indiretamente envolvidos, também existem as diversidades conceituais de uso corrente, levando Bitar (1992), a considerar para as operações de recomposição destes sítios: restauração (reprodução total das condições ambientais da área tais quais às antecedentes a atividade); recuperação (recondicionar o sítio alterado às

condições próximas às anteriores a intervenção) e reabilitação (reaproveitamento da área lavrada, mediante planejamento prévio para uso futuro).

Bohnet & Kunze (1990), referem-se a recuperação de áreas mineradas com “propósito de elevar as características físicas de toda, ou parte, de uma área minerada, após a remoção dos minerais de valores econômicos e, em segundo lugar, para proteger as áreas adjacentes dos contaminantes” e cita a diferença para restauração que requer idealizar a recriação da topografia original e restabelecer a terra seus usos prévios e características”. Citam como método mais comum de recuperação (“reclamation”) o retorno de material estéril e rejeitos às cavas, abordando a estocagem e posterior transporte deste material para as frentes já lavradas, perfazendo as operações de recuperação. Mas salientam sua limitação ressaltando que os maiores esforços de recuperação estão mais voltados para as áreas de disposição de rejeitos.

Lyle (1987) apud Silva (1995), define a recuperação de áreas mineradas através de revegetação que atenda de imediato a um planejamento, permitindo controlar os processos erosivos do solo minerado, visando devolver sua produtividade e características estéticas agradáveis. Em termos temporais, no curto prazo se visa atenuar a erosividade do solo através do plantio de espécies economicamente produtivas como, frutas e madeiras de corte (celulose, por exemplo). Neste sentido, a revegetação tem influência a longo prazo, outros usos como para residências, parque industriais e áreas de recreação.

Valcarcel (1992), afirma que “a recuperação de áreas degradadas por atividade de mineração é um problema pontual de emissão de sedimentos dentro de uma bacia hidrográfica”. E cita que na Espanha os problemas ambientais ocupam a segunda maior preocupação da população, ficando atrás apenas dos problemas econômicos. Tais preocupações são devido aos crescentes níveis de áreas desertificadas, erosão e ao comprometimento do abastecimento dos recursos hídricos. Acrescenta ainda o mesmo autor que na Europa a principal medida sócio-econômica atualmente estar sendo a remuneração à agricultores para que não produzam cultivos tidos como tradicionais em áreas “potencialmente degradadas”, obedecendo um período de carência superior a 20 anos, conduzindo-os à mudarem para o reflorestamento.

Restauração (*restoration*) é amplamente aceita como o retorno da área minerada às condições anteriores ao uso da terra (para lavra de carvão e ferro, pois possuem altas proporções de material estéril). Reabilitação (*rehabilitation*) e recuperação (*reclamation*) não

são bem aceitos como significativos para terreno abandonado. Comumente é usado o termo recuperado (*reclaimed*).

A Lei Federal nº 6.938/81, define degradação ambiental como “a alteração das características do meio ambiente”.

Já o Decreto Federal nº 97.632/89 estabelece que “a degradação de uma área ocorre quando:

- ⇒ A vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas;
- ⇒ A camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada;
- ⇒ A qualidade e regime de vazão do sistema hídrico for alterado.

Williams et al (1990) apud Silva (op. cit.), destacam que a degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento sócio-econômico.

O Comitê de Controle de Planejamento (1976), ressalta as seguintes definições concernente as atividades de mineração: restauração - recriar a topografia original e restabelecer os usos anteriores do terreno; recuperação - qualquer tratamento que difira da restauração, que inclua a maior parte das formas comuns de tratamento aos sítios de extração mineral.

Griffith (1980), define recuperação como um plano de reutilização dos sítios alterados pelas atividades de mineração de acordo com a potencialidade física e social da(s) área(s), via análise de custos e benefícios às alternativas de uso final da áreas.

O Decreto Federal nº 97.632/89, op. cit, estabelece que “a recuperação terá por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente”.

Majer (op. cit.), define recuperação como termo genérico que cobre todos os aspectos de qualquer processo que visa a obtenção de uma nova utilização para a área degradada. Inclui o planejamento e trabalhos de engenharia, e normalmente, mas nem sempre, processos biológicos.

Williams (op. cit.), salienta que recuperação “significa que o sítio degradado será retornado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para uso do

solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança. Significa também, que o sítio degradado terá condições de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem”.

Bitar (1992), “recondicionar o sítio alterado às condições próximas às anteriores a intervenção”.

Silva (op. cit.), “conjunto de operações integradas (recomendadas concomitante aos trabalhos de lavra) que visam devolver as condições mínimas dos padrões ambientais de uma região afetada por uma atividade degradadora. É considerada como uma fase antecedente (intermediária) ao novo uso do solo, ou seja, é uma operação que compreende geralmente a recomposição topográfica e pedológica, e vegetação das áreas a serem recuperadas com espécies vegetais de rápido crescimento que atenuem os processos erosivos do solo exposto”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT, NBR 13030, 1993, estabelece as seguintes conceituações:

- ✓ Áreas degradadas: áreas com diversos graus de alteração dos fatores bióticos e abióticos, causados pelas atividades de mineração.
- ✓ Reabilitação: conjunto de procedimentos através do qual se minimizam os impactos bióticos e abióticos causados pelas atividades de mineração, de acordo com planejamento pré-estabelecido.
- ✓ Recuperação: semelhante a reabilitação.
- ✓ Uso futuro: utilização prevista para determinada área, considerando suas aptidões e intenção de uso.
- ✓ Adequação topográfica: conformatação topográfica com vistas ao uso futuro da área.
- ✓ Adequação paisagística: harmonização da paisagem de áreas mineradas com o intuito de minimizar o impacto visual.

É de se esperar que o conceito de restauração de áreas degradadas não caiba para a indústria extrativa mineral, uma vez que feita a exploração do bem mineral útil torna-se

impraticável- em termos cronológicos, econômicos e ambientais- a total recomposição da área lavrada tal como antes.

Ao fazermos um paralelo com a situação do Complexo Minerário Sabiaguaba/Gereberaba, na região de Fortaleza-CE, o método mais utilizado de recuperação através do retorno do material às cavas relatado por Bohnet & Kunze (op. cit.), está descartado, haja vista que 100% do material extraído é comercializado.

Diante do quadro conceitual exposto pelos diversos autores, consideramos neste trabalho as seguintes conceituações:

Recuperação: conjunto de operações integradas (recomendadas concomitantemente aos trabalhos de lavra) que visam devolver as condições mínimas dos padrões ambientais de uma região afetada por uma atividade considerada degradadora. É considerada como uma fase antecedente(intermediária) ao novo uso do solo, ou seja, é uma operação que compreende geralmente a recomposição topográfica e pedológica, e a revegetação das áreas a serem recuperadas com espécies vegetais de rápido crescimento que atenuem os processos erosivos do solo exposto e amenizem a degradação da paisagem.

Reabilitação: reaproveitamento de uma área modificada pela atividade danosa ao meio ambiente (no caso a mineração), cujo uso primário priorizava a exploração do bem mineral. E, através de um planejamento prévio (com apoio e empenho das partes interessadas), e após a fase de recuperação da área com padrões técnicos e ambientais estabelecidos, venha trazer novo uso (lucrativo ou não) para a área alterada.

9 - ZONEAMENTO GEOLÓGICO E AMBIENTAL

9.1 - COMPARTIMENTAÇÃO GEOLÓGICA

Conforme discutido anteriormente, a região engloba rochas sob domínios ígneos e sedimentares. Os primeiros, na forma de rochas vulcânicas intrusivas, representadas precisamente pelo fonólito, e são termos claramente subordinados aos sedimentos. Estes são abundantes, inconsolidados, com colorações e composições variadas, e ambos são rochas recentes, dos períodos Terciário e Quaternário.

A área é caracterizada por uma extensa faixa sedimentar, que se desenvolveu a partir da deposição de sedimentos terrígenos, ocorrida no final do período Terciário e início do Quaternário. O posicionamento estratigráfico dos sedimentos que compõe esta faixa costeira está intimamente ligado a compartimentação geomorfológica por eles apresentada.

A geologia da área está representada pelas unidades lito-estratigráficas posicionadas desde o Plioceno até o Holoceno, compreendendo a Formação Barreiras; o Vulcanismo Alcalino; e os sedimentos recentes, representados pelos sedimentos dunares e também pelos sedimentos fluviais e marinhos dos rios Pacoti e Cocó (Figuras 9.1 a 9.4).

O caráter ambiental da formação da unidade é predominantemente continental, conforme é demonstrado pelo tipo subanguloso a subarredondado dos grãos de quartzo da matriz e pela falta de orientação destes constituintes, o que sugere também deposição pelas correntes fluviais.

A Formação Barreiras não apresenta evidências de perturbação tectônica, mas tão somente uma ligeira inclinação em direção ao mar, reflexo, talvez em parte, do paleorelevo das rochas do substrato.

Cortando toda esta massa sedimentar, destaca-se o corpo ígneo, representado monoliticamente pelo vulcanismo. Os fonólitos são rochas alcalinas de coloração cinza esverdeada e afloram num formato cônico, com estruturas amigdaloidais nas zonas de borda. As porções exteriores do corpo também tem por características um pequeno cozimento das rochas encaixantes e a formação de esferas, estas associadas tanto ao aspecto colunar do topo das rochas vulcânicas, quanto a esfoliação esferoidal que lhes é característica.



Figura 9.1 - Fotografia da embocadura do rio Cocó (margem direita). Observa-se a exposição de uma berma e cordão dos arenitos de praia (beach rocks) na zona de rebentação.



Figura 9.2 - Detalhe dos arenitos de praia que servem de proteção à foz do rio Cocó por dissipação das ondas na zona de rebentação.



Figura 9.3 - Outro detalhe dos arenitos de praia e da camada de conchas de pelecípodos que formam os níveis de acreção destes arenitos na região da foz do rio Cocó.



Figura 9.4 - Evidências do nível conglomerático que começa a ser observado nos arenitos de praia à proporção que se afasta da foz do rio Cocó.

As dunas, de acordo com as características dinâmicas e morfológicas são divididas em fixas e móveis.

Na área de estudo as dunas fixas são constituídas por sedimentos quaternários, formados pela ação de ventos alísios, encontrando-se atualmente estabilizadas ou em processo de estabilização pela presença de vegetação pioneira e das edificações antrópicas. As dunas são formadas predominantemente por areias quartzosas, bem selecionadas, de coloração cinza-clara a esbranquiçada, incluem na sua composição quantidades acessórias de minerais pesados e fragmentos de matéria orgânica proveniente de restos de animais marinhos, que recobrem os sedimentos da Formação Barreiras e são recobertos parcialmente pelas dunas móveis que migram em direção ao continente, inclusive lhes servindo de suporte, o que é possível pela presença da mata de retaguarda.

As dunas móveis ou “vivas” são compostas predominantemente por quartzo em forma de grãos arredondados, bem selecionados, inconsolidados, de coloração clara, foscos e de granulação fina a média. É comum a presença de resto de carapaças de animais marinhos e mais raramente ocorrem concentrações lenticulares de minerais pesados. A origem dessas dunas está relacionada ao aporte de sedimentos oriundos das areias de praia e a posição da linha de costa em relação à direção dos ventos dominantes. A mobilidade desses sedimentos em direção a área do estudo é barrada pela presença da calha do rio Pacoti.

Observa-se no Mapa Geológico e Ambiental do Complexo Minerário Sabiaguaba/Gereberaba (Anexo I), que a área é caracterizada, predominantemente, pela presença de Coberturas Sedimentares Cenozóicas distribuídas na Planície Costeira Litorânea. Destaca-se a preponderância dos processos de sedimentação sobre os processos de erosão.

O meio geológico da área, portanto, é representado por uma faixa sedimentar derivada de sedimentos terrígenos, ocorrida no final do Terciário e início do Quaternário, com idade provável Plio-Pleistocênica (Bigarella, 1969) apud Nascimento et al (1981). Estas coberturas sedimentares compreendem a Formação Barreiras e Depósitos Recentes.

Os sedimentos da Formação Barreiras ocorrem ao longo da linha de costa, constituindo aproximadamente a região limdeira entre os sedimentos tipicamente continentais e, em geral estão em contato lateral como os sedimentos quaternários das praias, lagoas, estuários e eventualmente com as rochas do embasamento cristalino. Localmente, é representado por sedimentos areno-argilosos inconsolidados de coloração variegada, matriz

caulinítica, granulação fina a média, intercalados com horizontes conglomeráticos e incrustações lateríticas na base. Sotoposta a esta fácies, ocorrem areias quartzosas, de granulação fina, por vezes sílticas, bem classificadas, de coloração variando de cinza clara a creme esbranquiçada. Os depósitos recentes são representados por sedimentos fluviais (aluviões); sedimentos eólicos (dunas); material de praia e depósitos lacustres. Os campos de dunas, lagoas costeiras e terraços holocênicos, se encontram em fase avançada de degradação ambiental, tal fato deve-se a ocupação desordenada do solo na costa leste e retirada de material das dunas para emprego imediato na construção civil. São exceções, alguns sub-trechos situados em terrenos ainda não explorados ou loteados.

A Formação Barreiras distribui-se em uma faixa com largura variável e contínua ao longo da costa. Esta unidade sobrepõe-se discordantemente sobre a superfície de erosão das rochas pré-cambrianas e sotopõe-se, também em discordância pelas coberturas sedimentares recentes. Litologicamente é representada por sedimentos areno-argilosos de coloração amarela-avermelhada, granulação fina a média, com intercalações de níveis caulíníticos e horizontes conglomeráticos.

O ambiente eólico no local é representado por três gerações de dunas, as de primeira geração que correspondem as dunas fixas; as de segunda geração compostas por dunas semi-fixas e móveis e as de terceira geração localizadas em contato com a zona de berma, nas proximidades da faixa de praia. *As dunas fixas* ocorrem ao longo de toda a costa leste, podendo elevar-se até 50 metros de altitude e desenvolvem-se paralelamente às dunas ativas. *As dunas de segunda geração* localizam-se entre as dunas de primeira e de terceira gerações, exibem uma configuração do tipo transversal, mostrando um grande volume de areia disponível.

As mais recentes ou de terceira geração, ocorrem diretamente na zona de berma, nos locais onde existem falésias vivas da Formação Barreiras elas podem estar presente, recobrando estes sedimentos. *As dunas semi-fixas* estão relacionadas à vegetação arbustiva e gramíneas, que atuam como obstáculos para a livre migração das areias.

Saliente-se ao sudeste o ressalto topográfico denominado morro Cararu, evidência do vulcanismo alcalino na área, representado pelo fonólito, descrito no item 6.1 - Vulcanismo Alcalino.

Além da existência dos sedimentos de dunas e do fonólito Cararu, observa-se no entorno deste ressalto topográfico a existência de arenito fino, sem orientação ou estrutura de acamamento, com tonalidade dominante avermelhada e granulometria homogênea. Estas rochas devem estar associadas a sedimentos continentais, porém a coloração avermelhada tem ligação com a presença de minerais de ferro em oxidação. Sua dispersão no meio de sedimentos inconsolidados é aceita como posicionamento de porção basal destes, uma vez que os minerais de ferro, por sua maior densidade, afundam na massa menos densa.

Em suma, a geologia da área está representada pelas unidades posicionadas desde o Plioceno até o Holoceno, compreendendo a Formação Barreiras, o Vulcanismo Alcalino, e os sedimentos recentes caracterizados pelos sedimentos dunares e também pelos sedimentos fluviais dos rios Pacoti e Cocó.

Observa-se que o Complexo Minerário Sabiaguaba/Gereberaba está representado por dois conjuntos de áreas: Setor Morro Cararu e o Setor Dunas (Figuras 9.5 e 9.6), conforme as seguintes caracterizações físicas, biológicas e antrópicas.

9.2 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

Embora envolvam-se aqui os aspectos geológicos, geomorfológicos, climáticos e demais formas de análise do meio físico, a área de estudo é plenamente dominada por um elemento que foge um pouco à compreensão formal dos demais. Trata-se da paisagem, essa forma humana de ver e admirar o meio. Essa é a maior riqueza local, com as desembocaduras dos rios Pacoti e Cocó dissecando o relevo dominado por dunas, construindo mangues às suas margens, tendo ao fundo as praias e a imensidão do oceano. Tudo envolvendo também uma luta constante entre a vegetação, que busca fixar e dar estabilidade aos terrenos, e as forças eólicas e marinhas que contrapõe-lhe o avanço e a fixação, e por serem mais intensas nos espaços abertos mais próximos ao mar, dominam aquele trecho, e perdem-se dissipadas quando adentram ao continente onde reina a vegetação como criadora dos primeiros solos, e dominantes na paisagem.



Figura 9.5 - Mosaico aerofotogeográfico da região e das áreas mineradas de Sabiaguaba/Gereberaba. Ao norte, observa-se o rio Cocó e as dunas móveis; ao centro, o conjunto de alvos de extração de areias e a cava residual de antigos alvos de extração garimpeira, em contato direto com a rodovia de acesso Fortaleza-Cofeco; ao sul, aspecto da lavra nas encostas do morro Cararu, e logo em seguida, o rio Pacoti. Escala - 1:25.000.



Figura 9.6 - Vista panorâmica dos alvos de sedimentos arenosos utilizados no processo de extração mineral. Observa-se que as dunas móveis e fixas são mineradas. Destaca-se a descaracterização da paisagem natural e, sobretudo a degradação ambiental do setor sul (cava residual).

9.2.1 - DINÂMICA SEDIMENTAR

Durante o Terciário Inferior houve uma subsidência na plataforma continental proporcionando uma ingressão marinha, seguida de uma transgressão relativamente rápida ocorrida ainda nesse período, caracterizando-se por uma seqüência sedimentar com conteúdo carbonático basal e sedimentos argilosos no topo, aflorando em áreas restritas e localizadas do litoral, não atingindo a área em questão. Ainda no Terciário, após um período de intenso aplainamento, segue-se do final do Mioceno indo até o Pleistoceno, uma sedimentação continental de natureza fluvial, constituída por conglomerados, arenitos e argilas denominadas de Formação Barreiras. Esses sedimentos se depositaram sobre a superfície recém formada e mais predominantemente sobre a superfície de erosão do embasamento cristalino. Posteriormente os sedimentos clásticos da Formação Barreiras foram soerguidos acima do nível do mar. Essa ascensão epirogenética Pleistocênica provocou intensa erosão e posterior sedimentação correspondente, gerando na faixa litorânea formas tabulares.

Discordantemente sobre os sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras repousam os cordões de dunas fixas, semi-fixas e móveis de idade Holocênica. Estes cordões dispõem-se de forma contínua paralelos à linha de costa.

A origem dos corpos dunares está relacionada ao transporte dos sedimentos de praia por ventos de direção dominante leste - oeste.

O aporte de sedimentos é constante e, em função da direção e velocidade dos ventos as feições dunares apresentam-se migratórias. O processo de fixação de tais feições se dá através do surgimento de vegetação, iniciando em geral na vertente a sotavento permitindo pouca mobilidade das areias. Este mostra-se um processo longo e demorado, posto que o setor já fixado pela vegetação é passível de recobrimento pelas dunas móveis, denominadas de dunas vivas. Atualmente essa feição serve de anteparo para o aporte de sedimentos provenientes das dunas móveis adjacentes, as quais encontram-se além do limite da área em questão.

Aos demais setores, a região onde se insere a área, apresenta-se estável, tendo-se apenas a sedimentação flúvio-lacustre das áreas sazonais ligadas a drenagem natural, principalmente do rio Pacoti.

9.2.2 - ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL, Folha SB. 24 - Fortaleza (1981), a região de estudo está inserida nas Unidades Geomorfológicas denominadas Planície Litorânea e Superfície Sertaneja. A primeira correspondendo aos depósitos de origem marinha remoldados por ventos e/ou fixados por vegetação, e a segunda correspondendo a superfície plana elaborada por processos de pediplanação, representada pelos tabuleiros da Formação Barreiras.

A morfologia da área caracteriza-se por apresentar um modelado costeiro, com compartimentação e feições diferenciadas em função do aporte de sedimentos e da dinâmica costeira, as quais encontram-se representadas predominantemente por Dunas de retaguarda, Planície flúvio-lacustre e Tabuleiros pré-litorâneos.

A região exibe forma de relevo de dunas, com características comuns a litologias sedimentares costeiras do Estado do Ceará. Especificamente tem-se uma unidade geomorfológica de planície litorânea, com relevo moldado pelos avanços e recuos do nível do mar, associados à ação eólica, e localmente ainda com interferência do regime fluvial do rio Pacoti, bem como associado ao vulcanismo alcalino, que impõe uma forma totalmente discrepante de relevo, que é o serrote Cararu. Mesmo discrepante, com relação às altitudes não há muita diferença, pois as dunas a leste do rio Pacoti, tem elevações com cotas aproximadas às do serrote.

Com essas características desenvolve-se um forte processo erosivo através da interação dos fatores climáticos e da ação continuada e prolongada da atividade antrópica, que avança velozmente sobre tal situação, em busca, principalmente de lazer, e dissecam o relevo dunáceo, com edificações várias, tanto nas porções mais baixas como sobre o topo das barreiras formadas pelas antigas dunas hoje edafizadas.

Sobre este relevo, originalmente em movimento, a vegetação foi fator preponderante na fixação e modificação do perfil dos solos, de totalmente áridos às proximidades do mar, à latossolos distróficos quando adentram ao continente. As exceções são restritas a atuação do rio Pacoti, que além de participar no modelamento do relevo, também permitiu a criação de solos através do seu transporte e sedimentação. Estes solos de origens fluviais, são muito misturados, revelando porções de todo o alto e médio curso do rio, e que localmente constituíram mangues, que por sua vez tiveram interferência humana, transformados que

foram em salinas, atualmente desativadas, e com áreas em processo de regeneração natural dos antigos mangues.

As cotas tem baixas diferenças, indo de zero, ao nível do mar, até pouco mais de 60 metros, no serrote Cararu, e nos maiores elementos dunáceos. A maior característica do relevo é sua dinamicidade, pela movimentação dos sedimentos litorâneos, que moldam e remodelam os contornos das dunas, alteram o curso do rio e influem na progradação e degradação da área de fluxo de maré.

As áreas de lavra em si, não pertencem mais ao ambiente de maior dinamicidade, justamente pela presença das rochas vulcânicas, que garantem uma edaficidade quase permanente, alterável somente por processos lentos. Na região de seu entorno, além do serrote Cararu, circundam antigas dunas, hoje fixadas por processos naturais, e mais adiante no sentido continental, tem-se uma antiga costa, marcada pela presença da Formação Barreiras e os domínios cristalofilianos, onde muda-se completamente os padrões de relevo, do domínio marinho, para o domínio geológico continental.

As dunas de retaguarda correspondem ao setor terminal do campo de dunas móveis e início do domínio das dunas semi-fixas ou fixas. Formam cordões arenosos de altitudes médias que variam de 20,0 a 40,0 metros, paralelo à linha de costa (sentido SE-NW), com pequenas reentrâncias. Nas dunas a declividade é superior a 30°, e apresentam-se parcialmente vegetadas, sendo interrompidas na área pela desembocadura do rio Pacoti.

9.3 - NÍVEL DE RUÍDO

Como a mineração já tem precedentes no serrote Cararu há mais de 40 (quarenta) anos, não mais se pode separar os ruídos de tal atividade dos existentes e provenientes do meio, antes de sua existência. Desta forma torna-se impraticável descrever uma situação anterior, sem atividade mineira, de maneira a caracterizar um nível de ruído local pretérito ao advento da mineração.

Quanto aos níveis de ruídos proporcionados pela atividade mineira, pode-se separá-los em dois tipos principais; os primeiros, relacionados ao uso de máquinas operatrizes, como os tratores, britador e compressor, sendo este gerador de energia pneumática onde operam as perfuratrizes manuais, também geradoras de ruído no impacto com a rocha. Além desses sons

mecânicos, tem-se também os sons oriundos das detonações de explosivos necessários aos cortes das rochas, passando de um uso regular no desmonte para britas, a um emprego futuro, mais irregular, para a produção de blocos.

Os efeitos dos dois grupos de ruídos sobre o meio são distintos. Os ruídos mecânicos intermitentes ocorrem nos horários de trabalho normais, encerrando-se ao final da tarde, e suspendendo-se no horário de refeição dos funcionários. Não foi empregada uma medição decibelimétrica direta, porém as distâncias auditivas oriundas diretamente das máquinas restringem-se aos seus raios de ação, sem qualquer propagação exterior além das áreas da própria frente de desmonte. Os ruídos das perfuratrizes manuais, por serem mais agudos, permitem-se as maiores propagações, e atingem uma maior distância. Já a propagação das explosões, também são diferenciadas, uma vez que as taxas de expansão gasosas, que provocam os ruídos, são diferentes entre o cordel detonante e a dinamite, onde esta última, com velocidade de expansão pouco superior a metade do cordel, tem verdadeiramente menor propagação.

Em qualquer dos casos de emissões sonoras, os efeitos ficam sempre restritos a área de trabalho, atuando diretamente sobre a fauna local, afugentando-a para maiores distâncias dos eventos ruidosos, quando estes assim lhe impuserem. Já a presença humana circunvizinha, somente tem como perceptivo o som surdo das detonações com o cordel, e isso quando é maior o volume de rocha a desmontar.

9.4 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIÓTICO

O inventário da biocenose local foi feito a partir de observações de campo bem como através de consultas a moradores da região, seguindo as devidas providências no tocante a veracidade das informações.

Na região estudada foram identificados diversos habitats que se interagem harmoniosamente. Entretanto foi possível individualizar o complexo ambiental enfocado em quatro ecossistemas, e uma faixa de transição, quais sejam: zona desvegetada e vegetação dunar, que correspondem a uma restinga; vegetação de tabuleiro, compreendendo propriamente o serrote Cararu; zona de mangue e zona antrópica, dispersa junto a todas as demais, porém com algumas concentrações pontuais; e faixa de transição, compreendendo a

vegetação pioneira composta de gramíneas, entre a zona desvegetada e as demais. As porções nativas, dispostas no interflúvio do sistema rio - vales entre dunas, constituem e caracterizam uma restinga, sendo essa a antiga dominância das matas locais.

A região apresenta uma cobertura vegetal relativamente pouco preservada, em especial na sua porção sul, onde a mata tem sofrido com as ações antrópicas, como desmatamento para mineração, obtenção de lenha, cultivo de subsistência, pastoreio, ou ainda para urbanização, sendo esta atividade mais frequente nas porções ao norte, acompanhando a praia e interiorizando-se. Todas essas atividades são notoriamente vistas nas adjacências.

Os ecossistemas estudados serão descritos segundo a sua fitofisionomia, importância de sua biocenose e demais características ambientais por eles apresentadas. É importante ainda esclarecer que a ação antrópica modificou a relação natural entre os ecossistemas, e hoje são poucos os locais de ocorrência vegetal uniforme; isto é: há elementos antrópicos em todos os ecossistemas, bem como de uns inseridos em outros sem manter suas relações originais.

9.4.1 - Ecossistemas

9.4.1.1 - Restinga

Constituída pelos terrenos à beira mar, sem qualquer cobertura vegetal, habitada por animais invertebrados de pequeno porte, normalmente crustáceos, como o siriaçu (*Callinectes exasperatus*) e demais membros da família dos portunídeos; a família dos hipídeos, cujo exemplo é o tatuí (*Emerita brasiliensis Schmitt*), e outros animais e vermes que vivem sob as areias.

Essa zona é parte integrante no relacionamento entre os sistemas locais, vindo diversos outros seres característicos de outras zonas nela se alimentar, destacando-se os peixes e demais animais marinhos, não identificados; aves, das quais o maçarico (*Arenaria interpres*) é o maior exemplo; e mesmo répteis como cobras e lagartos, dentre esses observou-se: *Nemidophorus ocellifor* (tijubina); e *Polichrys acutirartria* (lagarto papavento).

Ao adentrar-se o continente, partindo-se do mar, atinge-se a faixa de transição entre a zona desvegetada e as demais, podendo essas serem as restingas, zonas antrópicas, ou

mangue, todos com característica comuns pelo baixo porte vegetativo, dado pela incidência acentuada dos ventos. Com essas conceituações, a faixa de transição compreende elementos de fauna relativos aos dois ambientes relacionados, porém a flora é bem caracterizada pelas gramíneas, como *Ipomoea pes-caprae* Roth, (salsa de praia); *Paspalum maritimum* Trin. (capim gengibre), e *Polygala coriosoides* (pinheirinho).

A vegetação dunar localiza-se ao redor de boa parte dos limites norte, nordeste e sudeste, em especial logo após o linhão da costa, onde é dominante, recobrando primeiramente a vertente a sotavento do campo dunar, constituindo a mata de retaguarda, que tem como principal função estabilizar os sedimentos arenosos da duna. Trata-se de uma vegetação também pioneira, composta de arbustos e sub-arbustos ocorrendo ora de forma densa com agrupamento de moitas, ora de forma espaçada, chegando por vezes a quebrar a continuidade da cobertura vegetal, como pode ser constantemente observado, e que representa um sistema maior, juntamente a área não vegetada e a faixa de transição, denominada restinga.

Esta vegetação serve de suporte para contenção das migrações dos corpos arenosos, mas uma imposição definitiva desse fator somente se dá mais afastada da incidência dominante dos ventos, e é essa vegetação que barra-lhe as forças, constituindo assim uma verdadeira tautologia, pois o vento impede o crescimento da vegetação, e essa impede a propagação das forças eólicas. Contudo é importante esclarecer que atualmente essa sedimentação não compromete a cobertura vegetal, tendo em vista os incrementos edafizantes das ações antrópicas, que impedem-lhe a propagação, e assim a vegetação tem sido ampliada cada vez mais, com a conseqüente diminuição nos campos dunares. Porém, a longo prazo o processo de transporte eólico poderá soterrar algumas espécies vegetais ou senão comprometer todo o ambiente dunar.

Algumas das principais espécies florísticas desse ambiente coincidem com as do Tabuleiro, contudo certas espécies dominam sobre as demais, das quais cita-se: *Byrsonima* sp. (muricizeiro); *Anacardium occidentale* (cajueiro); *Manilkara triflora* (maçaranduba); *Cassia bicapsularis* (flor de São João); *Ipoema pes-caprae* (salsa); *Anacardium humile* (cajueiro bravo); e *Ximenia Americana* (ameixeira).

A fauna desse ambiente é bastante diversa, contendo principalmente aves insetívoras e/ou frutívoras, mamíferos, répteis, e artrópodes.

Os principais membros da ornitofauna são: *Fanellus chilensis* (tétu); *Arenaria interpres* (maçarico); *Columbina passerina* (rolinha); *Speotyto cunicularia* (coruja buraqueira); *Duira guira* (anu-branco); *Crotophaga-ani* (anu-preto); *Riaya cayana* (alma-degato); *Taraba major* (choró); *Anthus lutescens* (caminheiro do campo); *Coereba flaveola* (sibite); *Mimus saturninus* (sabiá da praia); *Tangará cayana* (Frei-Vicente); e *Emporophila bouvreuil* (cabocolino). Dos répteis destacam-se os seguintes: *Nemidophorus ocellifor* (tijubina); e *Cleria* sp. (cobra), e entre os mamíferos as seguintes sobressaem-se: *Cavia spixii* (preá); *Rocyon cancrivorus* (guaxinim); e *Cercomys cunicularis* (punaré).

9.4.1.2 - Vegetação de Tabuleiro

A vegetação de Tabuleiro é a original do serrote Cararu, no qual ainda podem ser observados algumas espécies vegetais, e restos de espécies antes existentes. Em geral a vegetação de tabuleiro ocorre acima da cota 30,0 metros. No caso, acredita-se que a presença da rocha vulcânica no serrote, favoreceu a dominância dessa vegetação. A fitofisionomia desse ambiente caracteriza-se na sua maioria por apresentar panofanerófilia, ou seja, espécies florísticas com estrato arbustivo bastante ramificado, o que condiz com a intensa interferência dos ventos sobre o crescimento vegetal. Atualmente tem-se no local plantios de frutíferas e todas expostas à incidência direta dos ventos e apresentam as mesmas características. Ocasionalmente verificam-se algumas arbóreas dispersas no contexto dos arbustos.

A camada de húmus nesse ambiente é naturalmente baixa, dada a exposição do maciço rochoso; assim, a atividade da fauna não pode dispor da base de sua cadeia alimentar, representada por bactérias decompositoras de matéria orgânica, e animais de solo, como vermes, e restringe-se em variedades.

As principais espécies florísticas encontradas são as seguintes: *Byrsonima* sp. (muricizeiro); *Ouratea* sp. (batiputa); *hocoloba* sp. (coaçu); *Anacardium occidentale* (cajueiro); *Mauriria pusa* (puça); *Anacardium humile* (cajueiro bravo); *Eugenia* sp. (barbatimão); *Cereus* sp. (cardeiro); *Cassia bicapsularis* (flor de São João); *Tocoyena* sp. (jenipapo bravo); *Ximenia americana* (ameixeira); *Swartzia* sp. (café bravo); *Caesalpinia ferrea* (pau-ferro); *Caesalpinia pyramidales* (catingueira); *Acassia glomerosa* (espinheiro); *Guettarda* sp. (angélica); *Agonandra brasiliensis* (marfim); *Combretum* (mufumbo); *Curatella americana* (lixreira); e muitas outras não identificadas, como algodão da praia,

burdão e capim de penacho, que são espécies localmente conhecidas por seus nomes comuns, e demais espécies antrópicas cultivadas, como coqueiros, mangueiras, cajueiros, bananeiras, abacateiros, sapotizeiros e cajazeiras.

As áreas ecótonas desse ambiente com os demais adjacentes são verificadas sempre pelo contato existente, envolvendo normalmente edificações. Porém, mais longe da foz, no rio Pacoti, verificam-se vários sub-arbustos e arbóreas dispersas, enquanto próximo ao campo dunar nota-se vários agrupamentos de arbustos dispersos embora que também representados por espécies do tabuleiro.

A fauna do ambiente em tela é principalmente insetívora e/ou frutívora, composta na sua maioria por aves, enquanto os répteis são geralmente carnívoros e os mamíferos vegetarianos. Todos não exclusivos, dada a pequena exposição local desse ecossistema, mas que integram-se harmoniosamente, constituindo uma complexa cadeia trófica. Alguns membros da fauna são migratórios, ocorrendo na região durante o período de frutificação de suas espécies florísticas.

A vegetação em questão, fornece um bom estoque de frutos e sementes para as aves, assim como propiciam a existência de inúmeros insetos (Isopteros, Leptopteros, Coleoteros, Dipteros, etc.) que ajudam na dieta de algumas aves. As aves de rapina caçam outras aves, insetos, pequenos roedores, répteis, dentre outras presas, fechando a cadeia trófica local, mostrando a importância de cada elo.

As principais aves da região são as seguintes: *Milanus leucurus* (gavião branco); *Heterospizias meridionalis* (gavião vermelho); *Mivalgo chimachima* (gavião); *Columbina minutat* (rolinha pequena); *Columbina talpacoti* (rolinha); *Scardafella squammata* (rolinha cascavel); *Guira guira* (anu-branco); *Tus choliba* (coruja); *Glacidium brasilianum* (caburezinho); *Yctidromus albicollis* (curiango); *Caprimulgus parvulus* (bacurau); *Rogon curucui* (dorminhoco); *Nystalus maculatus* (bico de latão); *Eicumnus limae* (picapauzinho); *Colaptes melanochlorus* (pica-pau-rajado); *Taraba major* (choró); *Thamnophilus doliatus* (choró-barrado); *Platyrinchus mystaceus* (bico-chato); *Myarchus swinsoni* (maria-cavaleira); *Todirostrum cinereum* (sibite-relógio); *Imus triurus* (sabiá-branca); *Icterus jamacaii* (corrupião); *Cacius solitarius* (boé); *Prasileuterus flaveolus* (canário do mato); *Polioptila plumblea* (sibitinho); *Nemozia pileata* (azedinho); *Noryphospingus pileatus* (abre-e-fecha); e *Paroaria dominicana* (campina). A maioria dessas aves podem utilizar este ambiente para nidificar, proteger-se dos seus predadores e para conseguir seu alimento.

A mastofauna ao contrário da ornitofauna, apresenta-se bem menos diversa, todavia possui representantes em todos os elos tróficos, e mesmo não observados, cita-se por informação local a existência de: *Didelphis* mp. (caçaco); *Sciurillus pusillus* (fura coco); e *Rattus norvegicus* (ratazana), essas existentes em todos os ambientes e ecossistemas locais.

A herpetofauna é basicamente carnívora, sendo representada pelas seguintes espécies, principalmente: *Oxibelis* p. (cobra-de-cipó); *Liophis* sp. (jararaquinha); *Philodryas* sp. (cobra-verde); *Constrictor constrictor* (jibóia); *Micrurus ibiboboca* (coral); *Aupinambis tequixín* (tejo); *Iguana iguana* (camaleão); e várias outras, sendo que nenhuma foi observada em campo.

Os invertebrados ensejam o maior número de espécies, em especial os insetos, que juntamente com outros artrópodes, vermes e moluscos constituem a principal fonte protéica desse ambiente.

9.4.1.3 - Manque

O mangue domina toda a região dos estuários dos rios Pacoti e Cocó, adentrando constantemente nos espaços inferiores do entre-dunas, principalmente nos maiores fluxos de marés, mas também sazonalmente nos períodos invernosos, imiscuindo-se nos demais ecossistemas e interagindo com eles, principalmente em relação à restinga.

Na verdade o mangue já foi profundamente alterado em seus sistemas de organização básicos, uma vez que sua área foi utilizada na produção de sal, agora interrompida, refletindo com uma regeneração ambiental marcante. Assim os elementos vegetais são de pequeno porte e a fauna vem voltando, pouco a pouco a utilizar-se desse ecossistema.

Os mangues são ecossistemas naturais de grande importância no contexto da geração de vida. Nele proliferam inúmeras espécies marinhas, dada a riqueza que encontram em materiais em suspensão, sob ótica de seus hábitos alimentares, reprodutivos e mesmo de proteção contra predadores.

As principais espécies florísticas dessa zona são: *Avicennia nitida* (mangue preto), sendo esta a espécie principal e dominante; *Conocarpus erecta* (mangue de botão); *Laguncularia racemosa* (mangue branco); e *Rhizophora mangle* (mangue verdadeiro).

A porção aquática ainda recebe influência da presença de algas e planctons. E entre os animais mais conhecidos, existem peixes, moluscos e crustáceos, sendo que muitos destes fazem do mangue seu berçário natural. Outros animais não aquáticos também usam-se do mangue, como aves e mesmo mamíferos. Entre esses incluem-se praticamente todas as espécies de aves descritas localmente.

9.4.2 - Zona Antrópica

A fitofisionomia desse ambiente caracteriza-se pela forma de ocupação do solo, com baixa diversidade de espécies. Da vegetação de Tabuleiro foram conservados alguns *Anacardium occidentale* (cajeeiro) e entre estes desenvolveu-se o plantio de *Cocos nucifera* (coqueiro), sendo estas as espécies dominantes na Zona Antrópica. São encontradas com menos frequência *Anguifera indica* (mangueira); *Achras sapota* (sapotizeiro); *Musa paradisiaca* (bananeira); e *Spondias purpurea* (cirigueleira), dentre outras.

Nessa classificação destacam-se árvores já bastante desenvolvidas, adultas, advindas dos implantes realizados no serrote Cararu.

A fauna desse ambiente encontra-se relativamente substituída por espécies adaptadas as condições impostas pelo homem, tendo como principais grupos as seguintes: aves frutívoras e/ou insetívoras; pequenos mamíferos; anfíbios e artrópodes.

As principais aves observadas foram: *Passer domesticus* (pardal); *Columbina talpacoti* (rolinha); *Crotophaga ani* (anu-preto); *Sito alba* (rasga mortalha); *Pitangus sulphuratus* (bem-ti-vi); *Ayrannuus melanocholicus* (siriri); *Todirostrum cinereum* (sibite-relógio); *Pharprogne tapera* (andorinha do campo); *Eroglodytes aedon* (rolxinó); *Coereba flaveola* (sibite); *Eugenia chlorotica* (vem-vem); e *Tharaupis sayaca* (sanhaçu). Dentre os mamíferos destacaram-se: *Oryzomys subflavus* (rato da cana); *Zygodontomys laciurus* (pixuna); *Callithrix jacchus* (soim); e *Didelphis* sp. (cassaco). A herptofauna está representada essencialmente por: *Tropidurus torquarus* (calango); *Snemidophorus ocellifor* (tijubina); e *Bufo* sp. (sapo).

9.5 - SETOR DUNAS

As áreas as quais são desenvolvidas as extrações no setor dunas (Figuras 9.7 e 9.8) são de interesse das seguintes empresas: Marcelo Nunes de Melo, T. H. Bessa - M.E., Rui Caminha Barbosa Júnior, F. Alexandre Areia Ltda. (IMPROL - Imobiliária Progresso Ltda.), J. A. Carvalho e Cia Ltda., Aginaldo Sá Bezerra (Barreiro da Lagoa Comércio de Argila e Areia Ltda.) e FAMAS - Imóveis e Agropecuárias Ltda. A localização de cada alvo está especificada no mapa de zoneamento geoambiental sob a numeração I a VII, respectivamente.

Essas empresas exploraram durante décadas dunas fixas e paleodunas, embora a legislação ambiental caracterize estas áreas como reservas ecológicas, consideradas portanto, como de preservação ambiental. Ressalte-se que na maioria dos casos o órgão competente, no caso, o IBAMA, concedeu autorização para os desmatamentos, conseqüentemente não considerando tais áreas como de preservação. Haja vista os desmatamentos autorizados e realizados, o Órgão Estadual de Meio Ambiente (SEMACE), expediu o licenciamento ambiental.

Constata-se que, no momento, somente a empresa T. H. Bessa vem realizando desmatamento de duna, visando o desmonte, a extração e a comercialização dos sedimentos arenosos. Ressalte-se que a empresa recebeu recentemente a autorização do IBAMA para promover o referido desmatamento.

As demais empresas em atividade lavram os sedimentos arenosos de dunas móveis, as quais não são consideradas como áreas de preservação.

O relevo da área apresenta-se fortemente ondulado, representado por corpos dunares com desníveis topográficos em torno de 25,0 metros em relação ao nível de base da área minerada a oeste.

Ao sul deste setor constata-se a existência de antigos locais de extração clandestina que foram embargadas, sobretudo com a ação da Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE, que paralisou as atividades irregulares no local.



Figura 9.7 - Fotografia dos alvos de extração de interesse das empresas T. H. Bessa, Rui Caminha, J. Alexandre Areia (IMPROL) e J. A. Carvalho. Constata-se em primeiro plano antiga área minerada e em processo de recuperação. Em segundo plano, observa-se as dunas fixas e móveis sendo mineradas.

Foi observado que quatro empresa: Amélia Cals Coelbo de Araújo - M.E., M...
Socorro Mendonça Troiani - M.E.; PAVTER - Pavimentação, Terraplanagem e Tra...



Figura 9.8 - Fotografia evidenciando o desmonte de duna móvel. Porém, constata-se que o caminho de acesso foi implantado em área considerada pela legislação como de preservação (reserva ecológica). Ressalte-se que a extração nesta área é considerada de risco potencial, sobretudo por tratar-se de dunas móveis e pela verticalização dos taludes. Área de interesse da IMPROL.



Foi observado que quatro empresas: Amélia Cals Coelho de Araújo - M.E.; Maria do Socorro Mendonça Troiani - M.E.; PAVTER - Pavimentação, Terraplanagem e Transporte Ltda., e, Rui Caminha Barbosa Júnior (GLEBA - Empreendimentos Urbanos e Rurais Ltda.), realizaram atividades de extração sobretudo de areia denominada "vermelha" e "amarela", de forma aleatória e sem controle técnico e ambiental, tendo sido escavado, em alguns locais até a profundidade de surgimento do lençol freático no período de estiagem, o que impossibilita o desenvolvimento dos trabalhos.

Com as chuvas de 1993 grande parte da área foi dominada pela elevação do nível freático e a acumulação das águas pluviais drenadas para o local com a conseqüente formação de um grande lago.

Posteriormente, com o desaparecimento de grande parte das águas, somente a empresa PAVTER continuava, clandestinamente, os trabalhos de extração.

A SEMACE, em 1993, exigiu que as empresas apresentassem um Plano de Recuperação de Área Degradada - PRAD, conforme prevê a legislação. Contudo, embora as empresas tenham assinado termo de compromisso para o desenvolvimento das ações e atividades que constavam naquele PRAD, os trabalhos foram iniciados somente em parte das áreas. Porém, por falta de fiscalização dos órgãos competentes e de interesse das empresas, os trabalhos foram totalmente paralisados, e atualmente, próximo a rodovia, constata-se a existência de uma grande cava com as seguintes dimensões médias: 200 metros de comprimento x 150 metros de largura x 5 metros de profundidade. Neste setor a extração era desenvolvida a céu aberto, de forma semi-mecanizada, com utilização de pás-carregadeiras e pás manuais.

Propõe-se que esta área seja recuperada, através da sistematização da cota base e a viabilização da formação de lago no setor sul. Para o setor norte, propõe-se que seja utilizada para reflorestamento.

9.5.1 - Caracterização Geoambiental

Em síntese, conforme analisado anteriormente, a geologia é representada essencialmente por terrenos sedimentares constituídos pela unidade lito-estratigráfica denominada Formação Barreiras, Paleodunas e Dunas-fixas, que são os sedimentos mais recentes de idade Quaternária. A Formação Barreiras, encontra-se representada basicamente por um pacote sedimentar areno-argiloso, afossilífero com morfologia característica de tabuleiros. Litologicamente, compõe-se de sedimentos pouco consolidados, de coloração avermelhada a amarelada, com granulometria fina a média. As Paleodunas são constituídas por sedimentos quartzosos, pouco siltosos, bem selecionados e pouco consolidados, de coloração avermelhada. Ocorrem recobrimdo os tabuleiros e encontram-se recobertas pelas areias das Dunas-fixas. A formação desses sedimentos está relacionada a atuação de ventos alísios no final do Pleistoceno, demonstrando reflexos de um ambiente litorâneo submetido a um clima quente. É marcante a diferença na textura e na tonalidade entre as Paleodunas e a Formação Barreiras. As Dunas-fixas são compostas de sedimentos eólicos litorâneos recentes, que encontram-se atualmente fixadas pela vegetação. São constituídas por areias predominantemente quartzosas, de granulação fina, raramente siltosa, bem selecionadas, e de coloração cinza esbranquiçada.

A área encontra-se inserida na Unidade Geomorfológica denominada Tabuleiros Costeiros, onde a morfologia original caracterizava-se por apresentar feições fortemente onduladas a suavemente onduladas, formadas pelo aporte de sedimentos eólicos sobre a superfície dos tabuleiros litorâneos. Tais sedimentos modelados pelos ventos e com cobertura vegetal perenifólia, demonstram boa estabilidade, posto que encontram-se protegidos dos processos de erosão eólica. Atualmente, face a atividade minerária que foi desenvolvida, grande parte da área superficial do terreno encontra-se descaracterizada, chegando a mostrar inversão topográfica, em contraste com a superfície do nível definitivo da área minerada, a qual apresenta topografia aproximadamente plana, com suave inclinação para o setor oeste. As alterações identificadas no relevo da área são irreversíveis, haja vista a grande remoção de sedimentos ocorrida nos últimos anos pelos trabalhos de mineração.

As Paleodunas e Dunas-fixas, foram quase totalmente removidas afetando o Aquífero Barreiras, já que tais sedimentos atuavam na recarga deste último. Atualmente a camada mais superficial da área minerada (piso definitivo) apresenta-se, em boa parte constituída por sedimentos areno-argilosos, dificultando a percolação das águas pluviais, fato

este que compromete também a recarga do Aquífero Barreiras. Outro ponto importante a ser ressaltado é a profundidade do nível freático na área, que agora encontra-se mais próximo da superfície. Diante dessas considerações, acredita-se que, localmente, ocorreu uma perda no potencial hidrogeológico da área minerada.

A cobertura vegetal da área em evidência pode ser compartimentada em função da atividade de mineração nela desenvolvida. Dessa forma ficam definidos dois ambientes: um ambiente degradado, com cobertura vegetal aberta e de pequeno porte, e um ambiente preservado, com vegetação pioneira densa de porte arbustivo. A vegetação dos setores minerados foi totalmente removida, ação esta, comum aos trabalhos de mineração a céu aberto. Nesses setores a cobertura vegetal vinha sendo removida a medida que havia necessidade de avanço lateral da frente de extração, caracterizando-se como uma operação lenta e gradual. A proporção que a mineração avançava no sentido de oeste para leste, nos setores já minerados e com regularização da superfície do terreno, foram surgindo algumas espécies de crescimento rápido, ocorrendo predominantemente gramíneas. Ainda nas áreas mineradas, em setores onde as atividades de mineração foram suspensas, porém com previsão de posterior retomada dos trabalhos, observa-se o surgimento de vegetação nativa de ambientes litorâneos associada a vegetação ruderal, ocorrendo ora espaçadamente, ora formando agrupamento. Dentre esses tipos vegetais destacam-se as seguintes espécies: Salsaroxa, cordão-de-São-Francisco, tiririca, pirricho, melancia-da-praia, fava-de-boi, malva-da-praia, grama de burro, vassourinha de botão, e ainda jurubeba e hortêncica entre outras ciperácias. No setor leste da área, onde as feições dunares não foram afetadas pela extração de areia, a vegetação encontra-se completamente preservada. Trata-se de uma vegetação pioneira, caracterizada como uma mata perenifólia, de porte arbustivo. Essa vegetação tem papel importante de contenção das dunas vivas que se encontram mais a oeste da área, evitando a mobilidade dos sedimentos dunares em direção ao interior do continente, o que lhes confere a denominação também de mata de retaguarda. As espécies mais frequentes nesse ambiente são: cajueiro bravo, ticum, leiteira, cardeiro grande, muricizeiro da praia, pau-branco, guajiru-da-praia, goiti, capim da praia, louro, ameixeira, araçá, batiputá, cipó-de-fogo, coaçu bravo, croatá bravo, goiabinha, guabiraba, limãozinho, mutamba, pau-ferro e pau-mondé, entre outras.

O clima da área é quente com período seco, chuvas variáveis e distribuição irregular. A precipitação anual medida é da ordem de 1.400 mm com as maiores precipitações ocorrendo nos meses de março a maio, e o período mais seco compreende os meses de

setembro a novembro. A temperatura média compensada anual situa-se por volta de 26,7° C com um máximo de 27,2° C. A umidade relativa do ar chega a atingir 87%, com mínima mensal de 74,4% (novembro) e máxima mensal de 84,4% (março) oscilando segundo o regime pluviométrico. A insolação apresenta uma configuração proporcionalmente inversa da umidade relativa, ao longo do ano: menos insolação nas épocas de chuvas frequentes e mais insolação no período mais seco. A velocidade média anual dos ventos alísios, dominante durante quase todo o ano na faixa costeira de Fortaleza, é de 4,0 m/seg.

9.6 - SETOR MORRO CARARU

A área do morro Cararu é de interesse da empresa EMPEL e ocupa uma superfície total de 29,54 ha, sendo efetivamente 20,0 ha ocupados no processo de lavra. Sua situação encontra-se relacionada à faixa litorânea, pois os vetores: geomorfológicos, vegetais, climáticos, fundiários, e parte dos elementos faunísticos, assim a posicionam.

As áreas de influência direta da mineração são equivalentes a 20,0 ha, onde se procedem os trabalhos efetivos da mineração, incluindo as instalações de apoio, vias de acesso, e todas as servidões. A área de influência indireta, esta relacionada com a área de influência funcional, já que ambas possuem as mesmas dimensões. Os impactos ambientais negativos, representados principalmente pelas poeiras e pelos os ruídos, se propagam dentro da própria área da jazida, e excedem seus limites, como por exemplo as vias de ligação entre a mina e os consumidores finais de areia ou brita, já que para as rochas ornamentais, não há efluentes provenientes do transporte.

9.6.1 - Zoneamento Minerário

As atividades de mineração estão situadas ao redor do serrote distando pouco mais de 500 metros da linha de costa, sendo a lavra atual sobre o fonólito, destinada a produção de britas, localizada ao bordo oeste, com a central de beneficiamento disposta à noroeste, bem no limite do corpo ígneo. As escavações das areias situam-se a sul e oeste, logo depois dos limites do fonólito. Atualmente a extração se dá a oeste, já tendo sido praticamente esgotadas as reservas da área do tipo vermelha abaixo do bordo sudeste e leste. O que resta à lavrar

neste setores é material areno-argiloso da Formação Barreiras, e que poderá ser utilizado em outras aplicações diferentes daquelas em que comumente se emprega a areia vermelha.

A nova frente de desmonte a ser realizada para produção de rochas ornamentais, será implantada ao lado sudeste do serrote. Neste setor será construída a nova praça da mina, utilizando-se como aterro o estéril decapeado, portanto não haverá formação de depósito de bota-fora, mesmo porque as demais perdas no aproveitamento de blocos serão destinadas a produção de britas.

A praça da mina será utilizada para as operações de esquadrejamento, manuseio e embarque do minério.

No setor norte da área da mina, estão locadas as servidões como beneficiamento, escritórios, oficinas, almoxarifado e depósitos.

9.6.2 - Zoneamento Ambiental

Sua compartimentação, como área em produção e previsão de ampliação, quanto aos aspectos ambientais caracteriza-se do seguinte modo:

- ✓ Geologicamente a área do setor Cararu está inserida em terrenos recentes que datam do Terciário e Quaternário, constituídos por rochas ígneas e sedimentares, que afloram em forma de maciços, positivos, quando em relação ao fonólito, e negativos, quando em relação às areias;
- ✓ A geomorfologia da área está condicionada a fatores marinhos, fluviais, continentais, litológicos e erosivos, onde sobressaem as ações antrópicas, que interferem na evolução natural desses relevos;
- ✓ Na cobertura vegetal da área foram compartimentados os seguintes ecossistemas: restinga, vegetação de tabuleiro, mangue e zona antrópica;
- ✓ Os aspectos sócio-econômicos da área retratam uma grande variedade de interesses sociais, pautada sobre realidades econômicas distintas, onde o principal motor econômico na área é o turismo;

- ✓ Quanto aos equipamentos de infra-estrutura, a área conta com a funcionalidade de vias, energia, mão-de-obra, comunicações, e todos os outros aspectos são também favoráveis, principalmente por integrar a Região Metropolitana de Fortaleza;
- ✓ A comunidade vizinha ao serrote Cararu dispõe também das mesmas condições de infra-estrutura.

Analisando agora o lado dos impactos, vê-se que a lavra de areia é a mais degradante, principalmente porque a disposição da jazida impõe a cava como método de exploração, e isso implica diretamente, de acordo com as outras características locais, em desmatamento e escavação. O desmatamento comporta ainda uma análise *sui generis*, se relacionado ao exutório das águas subterrâneas ou à zona vegetativa antrópica, pois o caráter nesses casos tanto pode ser benéfico quanto adverso, dependendo de outras informações, como se vai ou não haver ampliação da vegetação antrópica sobre uma área de vegetação anteriormente nativa, ou se foi a própria antrópica que sofreu o desmatamento, ou ainda se serão implantadas outras atividades no local.

Observando-se agora o lado dos benefícios ao meio ambiente, destacam-se as operações de disposição do estéril da lavra sobre o fonólito e as areias (os quais são implantados nas porções superiores do serrote Cararu, fora da frente de desmonte).

Outra atividades que merecem comentários são os transportes de todos os bens produzidos, e as etapas finais na futura produção de rochas ornamentais, que apresentam uma baixa interação com os elementos do meio, e posicionando-as como as atividades menos impactantes no empreendimento da EMPEL.

Outra observação interessante diz respeito aos elementos dos meios menos atingidos pelas atividades do empreendimento, que são o mangue, a restinga e a vegetação de tabuleiro, recebendo apenas um impacto, cada, e esse é de caráter negativo, pequena magnitude, baixa significância e curta duração. A ictiofauna também sofre apenas um impacto, mas a magnitude dele é moderada, com relativa importância e longa duração. As demais atividades, com menos de três impactos incluem o sistema de transporte, a rede viária, a energia elétrica, o exutório, a temperatura, a qualidade das águas subterrâneas e a circulação.

Uma análise por meios indica o Biótico como o menos impactado, com a flora sendo menos afetada que a fauna. O meio físico, como era de se esperar, já que a atividade

desenvolve-se sobre ele, é o mais impactado adversamente, e o meio sócio econômico, exibe as melhores performances, em termos de benefícios.

A mesma situação em relação às atividades, demonstra que a lavra de rochas ornamentais é menos impactante que as demais operações no empreendimento, vindo a seguir com grau equivalente a lavra de fonólito, e o beneficiamento, com a cava de areia sendo, disparadamente a mais impactante atividade de todas.

9.6.3 - Zoneamento Ambiental e Minerário

A área proposta para recuperação possui uma superfície de 14,178 hectares.

O zoneamento mineral e ambiental caracteriza-se por definir as duas unidades de maior relevância para a área: a unidade ambiental e a unidade minerária, além de definir e demarcar as áreas de interesse ecológico.

No âmbito ambiental é estabelecida a compartimentação dos parâmetros mapeáveis como geologia, geomorfologia, e cobertura vegetal, além da determinação das áreas de interesse ecológico, compreendendo as Áreas de Preservação Permanente determinadas por lei.

No âmbito da área de mineração, as Áreas de Preservação Permanente (Lei nº 4.771, de 15.06.65, com sua nova redação dada pela Lei nº 7.803, de 18.06.89 e a Resolução CONAMA nº 004, de 18.09.85) está assim definida:

- Vegetação natural fixadora de duna: mata pioneira perenifólia, densa de porte arbustivo (restinga arbustiva-mata de retaguarda de dunas).

No contexto minerário, a compartimentação é feita através da delimitação da área alvo de mineração, locação da frente de extração atual com indicação do avanço, demarcação das áreas mineradas e em recuperação ambiental, e demais elementos relacionados à atividade minerária.

9.6.4 - Plano de Recuperação da Área Degradada

No serrote Cararu, os trabalhos de recuperação da área degradada deverão ser desenvolvidos concomitantemente a atividade de mineração, em consonância com o avanço lateral da frente de extração (Figura 9.9). A metodologia a ser empregada deverá obedecer a seguinte seqüência:

- Área minerada com profundidade do desmonte até a base do pacote areno-siltoso de cor avermelhada (paleoduna), deverá ser sistematizada com uso de trator de esteira, ficando o piso final da superfície com desnível de 2,0 a 3,0 metros em relação ao nível da estrada de acesso a área, visando uma suave inclinação para oeste com declividade menor que 1%;
- A superfície sistematizada deverá receber uma camada de material drenante (areia fina), para facilitar a infiltração das água pluviais;
- Sobre a camada de material drenante deverá ser espalhado o solo fértil estocado por ocasião do decapeamento, ficando o terreno preparado para receber a cobertura vegetal natural.

9.6.5 - Plano de Recuperação Ambiental

Propõe-se um plano de recuperação da área minerada prático e objetivo, que permita propiciar a recuperação do potencial biótico das encostas dunares, através da recomposição da cobertura vegetal perene, bem como a melhoria das condições estéticas da paisagem, procurando integrá-la ao contexto da região em que se insere.

Deve-se ressaltar que na área em questão vem sendo iniciada a implantação de Plano de Controle Ambiental - PCA, procurando mitigar ou compensar os impactos ambientais gerados pela mineração, porém não foi constatado o acompanhamento de técnico especializado, o que impossibilita a eficiência e eficácia do controle ambiental.



Figura 9.9 - Vista aérea oblíqua da região de Gereberaba. Observa-se em primeiro plano a cava de antigos alvos minerados e o lago formado pela acumulação de água pluvial na área degradada. À esquerda, a rodovia e acesso Fortaleza-Porto das Dumas (Beach Park). À direita, o morro Cararu e a encosta em processo de extração de fonólito. Verifica-se a degradação também deste setor.

É relevante esclarecer que a recuperação da área minerada é de fundamental importância, haja vista o interesse em implantar futuramente um empreendimento economicamente viável, sendo atualmente cogitada a possibilidade de um projeto de loteamento, dada a sua localização privilegiada.

As condições geoambientais da área, demonstram boas perspectivas à recuperação. Carece, entretanto, que sejam empregados métodos e técnicas adequadas às condições físicas do terreno, com uso também dos elementos bióticos existentes na área ou no seu entorno mais próximo, tornando a recuperação menos onerosa e de fácil aplicação. Dessa forma não pretende-se aqui, retornar as condições originais da paisagem (restauração), o que seria impraticável técnica e economicamente, mas sim, procurar moldar as formas atuais o mais próximo possível da morfologia regional.

Propõe-se a realização de levantamento topográfico, aliado a investigações de campo e entendimentos com o empreendedor, para a aplicação conjunta de métodos físicos (remoldagem do relevo) e métodos biológicos (recomposição da vegetação e reiniciação faunística).

Para melhor desempenho do PRAD, a área minerada do serrote Cararu foi parcelada em três setores, de acordo com as peculiaridades por eles apresentadas, visto que cada um requer o emprego de medidas de recuperação direcionadas. Dessa forma propõe-se o desenvolvimento da recuperação atendendo as seguintes prioridades:

- Setor Leste-Sudeste - estabilização da encosta;
- Setor Norte-Nordeste - remoção do talude;
- Setor Centro-Leste - sistematização do piso final da área minerada.

9.6.6 - Estabilização da Encosta do Setor Leste-Sudeste

Caracterização Atual da Encosta

A encosta do setor leste-sudeste apresenta uma extensão de 350,0 metros, com dois taludes separados por um berma que acompanha praticamente toda a sua extensão. O primeiro talude e o berma são constituídos pelos sedimentos da Paleoduna (areia de coloração avermelhada). Já o segundo talude é constituído por sedimentos de Duna-fixa (areia de

coloração creme-amarelada). Segundo os dados apresentados em levantamento topográfico realizado para EMPEL, o talude da Paleoduna apresenta-se com uma altura que varia entre 4,0 a 12,0 metros, e o berma com uma largura variável de até 12,0 metros. O talude da duna fixa mostra-se com uma altura variável de 3,0 a 13,0 metros no setor sudeste e de 4,0 a 14,0 metros no setor leste. Com relação ao nível do piso da mineração a encosta do setor leste-sudeste apresenta um desnível de até 22,0 metros.

Regularização do Talude

Para regularização do talude deverá ser removida a faixa da camada de sedimentos da Paleoduna (areia vermelha), que acompanha toda a extensão da frente de extração dos setores leste e sudeste, eliminando a plataforma existente entre o talude da Paleoduna e a encosta dunar. A remoção desse material propiciará o escorregamento das areias quartzosas da duna, que ao adquirirem o próprio ângulo de repouso, recobrirão a superfície neo-formada, gerando uma única feição - encosta.

- ⇒ Propõe-se a recuperação do talude, dividindo-o em 4 blocos (A, B, C e D). Como forma de monitorar a estabilização do talude, os trabalhos deverão ser desenvolvidos por blocos, sistematicamente, um após o outro e paralelamente a atividade de mineração.

A regularização de cada bloco do talude deverá obedecer as seguintes ações:

- Remoção da faixa de areia vermelha até a base da encosta dunar, ficando o talude final da Paleoduna com ângulo subverticalizado em torno de 75° (adquirido com o desmonte da pá mecânica);
- Remoção da vegetação do topo da duna, quando esta existir, pois alguns locais já encontram-se desnudados. Para esta operação deverá ser delimitada uma faixa variável entre 3,0 a 5,0 metros de largura a partir da borda do topo da duna, conforme a necessidade de recobrimento da superfície final da nova encosta, que é dada em função da altura tanto do talude da Paleoduna como da encosta dunar. Esta operação se faz necessária, posto que com o deslocamento dos sedimentos na encosta dunar para o recobrimento total da nova encosta, ocorrerá o deslocamento horizontal da borda do topo da encosta dunar. A remoção da vegetação deverá ser realizada concomitantemente ao trabalho de remoção da faixa de areia vermelha;

- Para execução de qualquer trabalho de recuperação, deverá ser demarcada previamente no campo a faixa necessária ao desmatamento, utilizando-se para tanto, trena e piquetes. É importante frisar que esta faixa deve ficar permanentemente delimitada, e, sujeita a fiscalização do órgão competente.
- É previsto que alguns setores além da faixa demarcada para desmatamento, fiquem desprovidos de vegetação, em virtude do desmatamento realizado anteriormente. Esses setores deverão ter a cobertura vegetal recomposta com espécies da mata perenifolia fixadora da duna, o que poderá ser feito com o plantio direto de mudas no início da estação chuvosa.

Como consequência da execução das ações propostas, ocorrerá o escorregamento natural de areia quartzosa da encosta dunar sobre o talude da areia vermelha resultando em uma única encosta. Em alguns setores poderão ser formadas encostas instáveis onde a sua inclinação não corresponda ao ângulo de repouso da areia. Nesse caso, deve-se estabilizar esses setores através da suavização da encosta, utilizando-se equipamentos manuais.

O desmatamento do topo da duna, em uma pequena faixa paralela a encosta dunar, só justifica-se por considerar-se que esta vegetação será compensada nos trabalhos de recuperação ambiental, através da recomposição da cobertura vegetal de toda a encosta a ser formada. Porém, recomenda-se que esta operação seja desenvolvida de forma criteriosa e racional.

O material resultante da remoção do talude da Paleoduna (areia vermelha) poderá ser comercializado com o fim de subsidiar os trabalhos de recuperação ambiental que deverão ser desenvolvidos na área.

Recobrimento do Talude

Após a regularização do talude a superfície da encosta recém formada deverá ser preparada para receber a cobertura vegetal.

Como praticamente não há estoque suficiente de solo fértil, e devido as condições adversas da encosta ao plantio direto (alta declividade e baixa fertilidade do solo), recomenda-se para o recobrimento da superfície regularizada, o uso de serrapilheira (folhas, pequenos galhos em decomposição, sementes de plantas, propábulos, microrganismos e insetos). Este

material poderá ser encontrado nas adjacências do setor em recuperação e espalhado de forma homogênea sobre a superfície do terreno em processo de recuperação.

Trata-se de uma operação manual que requer tempo e habilidade. Portanto os operários que irão desenvolvê-la deverão tomar ciência dos seguintes procedimentos:

- A serrapilheira deverá ser recolhida nas imediações do bloco em recuperação, sobre a superfície da duna-fixa, na qual encontra-se em camada de espessura variável de até 10,0 cm;
- Para a colheita da serrapilheira, as áreas de empréstimo desse material deverão ser locadas antecipadamente. As áreas escolhidas (de camada mais espessa) devem ser marcadas com piquetes de madeira fincados no chão. A partir desse piqueteamento, deve-se executar o rastelo num raio de 1,5 a 2,0 metros;
- É recomendável que sejam delimitadas várias áreas e que estas guardem a mesma distância entre si. Não se deve rastelar a serrapilheira de uma área maior e contínua, pois a mata necessita desse material para a sua sobrevivência. Dessa forma, após o rastelo deve-se recobrir a superfície desnudada com a serrapilheira vizinha;
- O rastelo deve ser feito com escarificador manual, juntando o material solto da superfície, e nunca cavando o solo;
- O material recolhido deverá ser colocado em um recipiente (saco, balaio, ou balde) e transportado para o setor onde a superfície da encosta já encontrar-se regularizada;
- A coleta deve ser feita de preferência pela manhã ou senão no fim da tarde;
- A coleta deve ser feita no mesmo dia, ou, no máximo, no dia anterior ao recobrimento da área a ser recuperada, no sentido de aproveitar e dar continuidade a ação dos microrganismos e ao poder de germinação das sementes dormentes, a serem expostas à ação solar;
- O recobrimento da superfície recuperada com a serrapilheira deve ser feito manualmente, deixando a cobertura o máximo possível homogênea.

Após o recobrimento com a serrapilheira, recomenda-se espalhar sobre a superfície estacas de espécies rasteiras com sistema radicular profundo capazes de conseguir um

entrelaçamento superficial, tais como, salsa roxa e melancia-da-praia, no intuito de controlar a erosão. Estas estacas podem ser conseguidas na própria área do projeto, através do corte do caule dos vegetais, o que deve ser feito logo abaixo do “nó”, de maneira que cada estaca fique com comprimento de 15,0 cm e pelo menos um par de gemas. As plantas deverão ser colhidas de modo que apresentem o caule e as folhas intactas; após a colheita as mesmas devem ser mergulhadas em um balde com água fresca ficando preparada para a obtenção das estacas, operação esta que deverá ser realizada em local sombreado. As estacas devem ser lançadas sobre a superfície da encosta, imediatamente após o corte. Toda esta operação deve ser realizada ao final da tarde para que as estacas recebam a umidade da noite.

Remoção do Talude do Limite Norte-Nordeste

O limite norte é marcado pela presença de uma barreira constituída de sedimentos da Paleoduna que delimita a área com a área vizinha, também alvo de extração mineral. Tal barreira constitui-se em um impacto visual, bem como em um impedimento à completa recuperação da área em questão.

A formação dessa barreira deu-se em função do avanço da frente de extração em direção convergente ao limite comum as áreas, resultando em um único talude. O talude apresenta altura média com relação ao piso definitivo da área minerada de 3,0 a 7,0 metros, em uma extensão de 330,0 metros com largura variável de até 20,0 metros.

Em virtude desse talude ser comum as áreas, e tendo-se em vista a intenção de removê-lo para melhor compor o aspecto estético da paisagem, recomenda-se que seja feito um acordo amigável entre os dois proprietários dos terrenos, tendo como mediador ou intermediário a SEMACE. O acordo deve resultar em um documento com linguagem explícita e assinado pelos interessados.

Proposta de Remoção do Talude

A proposta de remoção do talude deve obedecer os seguintes critérios:

- Definição do volume a ser removido. A cubagem deverá ter como base o levantamento planialtimétrico, e a cota de base a ser considerada no cálculo do volume deverá ser equivalente ao maior nível de base do piso minerado do terreno;

- Delimitação cartográfica e demarcação no campo das áreas a serem removidas;
- A remoção do talude caracteriza-se como uma extração mineral. Dessa forma deverão ser cumpridas as normas regulamentares de mineração.
- O avanço da remoção deverá ser realizado das extremidades longitudinais do talude para o centro, até alcançar o limite interno de cada área;
- Para a remoção do talude, deverá ser realizada a sistematização do terreno e em seguida implantar a cobertura vegetal. Essa cobertura vegetal deverá ser a mesma proposta para o piso final da área minerada;
- Reposição do cercamento do limite norte da área.

Sistematização do Piso Final da Área Minerada

O controle do avanço vertical da extração mineral desses tipos de depósitos - Paleoduna e Duna, é bastante simples e de fácil percepção pelos mineradores. Geralmente o piso final da área minerada coincide com a superfície de contato da Paleoduna com a Formação Barreiras, onde os sedimentos passam de arenosos e pouco siltsos, de coloração avermelhada para areno-argilosos, de coloração amarelada. Estas características servem como principais pontos de referência para o controle do avanço vertical da exploração, ou seja, a mineração rebaixa o relevo até a profundidade em que o material apresenta boa qualidade à comercialização. Dessa forma, é freqüente as minerações de areia resultarem em grande cavas, gerando contrastes topográficos significativos com relação a área de entorno.

No caso em enfoque a extração de areia avançou com o desmonte vertical até o topo da Formação Barreiras, ficando o piso final da área minerada praticamente plano, apresentando uma suave inclinação para oeste. É evidente que durante a mineração alguns desníveis da ordem de 2,0 a 3,0 metros geraram pequenas cavas, entretanto, esses efeitos negativos foram compensados com trabalhos de terraplenagem.

Atualmente, o piso final da área minerada encontra-se em processo de sistematização, apresentando todo o setor oeste já sistematizado. A sistematização é executada com o auxílio de um trator de esteira, e consiste basicamente nos trabalhos de terraplenagem da superfície minerada, deixando-a regularizada topograficamente.

A sistematização é realizada em duas etapas: inicialmente, é executada a terraplenagem, eliminando as cavas e os ressaltos topográficos, e, posteriormente a superfície regularizada é recoberta com material drenante.

De acordo com levantamento planialtimétrico realizado em maio/93, o piso final da área minerada apresenta variações altimétricas da ordem de 4,0 metros, devendo-se ressaltar que da área alvo da atividade minerária (4,5 ha) apenas a porção leste do terreno, onde atualmente encontra-se a frente de desmonte, apresenta setores críticos, que necessitam da atuação dos trabalhos de regularização.

Terraplenagem dos Setores Críticos

Os setores considerados críticos, ou sejam, aqueles em atividade de mineração, ao final dos trabalhos de extração de areia dos “morros” que encontram-se dentro da área, deverão ser imediatamente sistematizados.

A sistematização desse setor deverá ser baseada no mapa planialtimétrico, visando manter a continuidade topográfica da área como um todo, no sentido de direcionar o escoamento das águas pluviais para um ponto convergente do terreno (setor oeste).

A regularização dos setores críticos deverá passar pelos mesmos procedimentos até então adotados para regularização do piso final da área já minerada, ou seja:

- ⇒ A terraplenagem do superfície final da área minerada;
- ⇒ O recobrimento da superfície regularizada com material drenante.

Cobertura da Superfície Sistematizada

Para receber a cobertura vegetal, a superfície sistematizada deverá ser preparada antecipadamente, devendo-se colocar sobre a camada drenante (areia) uma camada de solo fértil. Essa prática tem como objetivo reter a umidade do solo e criar condições favoráveis para o desenvolvimento dos vegetais a serem introduzidos. A colocação da camada de solo fértil deverá obedecer os seguintes procedimentos:

- Definição da espessura da camada que deverá cobrir toda a superfície sistematizada homogeneamente, em função do volume de solo fértil disponível.

No caso do volume de solo ser insuficiente, ou, quando espalhado, resultar em uma camada pouco espessa, recomenda-se misturar ao solo estocado bagaço de cana-de açúcar ou esterco de gado (em quantidades proporcionais);

- A camada deve ser regular, obedecendo a conformação topográfica;
- Evitar a movimentação de equipamentos pesados sobre a área que já tenha recebido a camada de solo fértil;
- Recomenda-se que esta operação seja realizada, de preferência, entre o final do período seco e início do período chuvoso.

Tendo-se em vista a previsão do uso futuro da área para projeto de loteamento, a cobertura vegetal deverá ser de pequeno porte ou rasteira, posto que não faz sentido planejar a recomposição da cobertura vegetal com espécies arbóreas/arbustivas para num futuro próximo realizar o desmatamento da área. É conveniente realizar uma concepção prévia do projeto de urbanização, visando compatibilizar os setores de reflorestamento com o aproveitamento futuro do terreno.

As espécies herbáceas prestam o papel de controladores da erosão, além de contribuir para a melhoria das condições paisagística da área.

As práticas culturais a serem empregadas no cultivo de espécies herbáceas, na superfície regularizada e com cobertura de solo, devem atender aos seguintes pontos:

- Adquirir espécies herbáceas (gramíneas e/ou leguminosas) em estabelecimentos de boa reputação e fazer o transporte no mesmo dia do plantio, ou, no máximo no dia seguinte;
- Usar uma mistura de diversas espécies de gramíneas e leguminosas, estas para fixar o nitrogênio no solo dando bom crescimento às plantas;
- Procurar usar espécies com sistema radicular profundo e, se possível, usar estoloníferas capazes de conseguir um entrelaçamento superficial, ou subsuperficial para melhor controlar a erosão;
- Utilizar espécies compatíveis à consorciação;
- Proceder o plantio de forma homogênea, quanto a consorciação das espécies, bem como quanto ao recobrimento da superfície sistematizada.

9.6.7 - Acompanhamento do Programa de Recuperação Ambiental

A proposição do acompanhamento da execução do plano de recuperação ambiental visa direcionar, controlar e avaliar, de forma contínua, a satisfatoriedade das ações.

A execução da recuperação ambiental da área degradada é de responsabilidade do empreendedor, devendo-se a implantação e o acompanhamento serem coordenados por técnico experiente em trabalhos dessa natureza. Os trabalhos de recuperação conforme prevê a legislação, deverão ficar sujeitos à fiscalização periódica da SEMACE.

No acompanhamento da execução do projeto de recuperação destacam-se as seguintes atividades:

- Controle dos trabalhos de regularização dos taludes do setor leste-sudeste;
- Direcionamento dos trabalhos de estabilização da encosta - a ser formada no setor leste-sudeste -, através da cobertura vegetal;
- Controle da remoção do talude do setor norte-nordeste;
- Monitoramento da sistematização do piso final da área minerada;
- Acompanhamento do plantio e desenvolvimento da cobertura vegetal a ser implantada em cada setor;
- Avaliar sistematicamente cada ação executada do projeto de recuperação.

Todas as ações executadas nos trabalhos de recuperação ambiental deverão ser documentadas através de fotografias, mensalmente (com a data em que foi fotografada) e da anotação em um livro de ocorrência diária, para acompanhamento dos órgãos de fiscalização.

9.7 - PROPOSIÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS

9.7.1 - Considerações

As medidas mitigadoras são propostas com o objetivo de suprimir, atenuar e/ou compensar os impactos ambientais adversos identificados e/ou previsíveis ao sistema ambiental pelas ações da atividade de mineração.

É importante que as medidas mitigadoras tenham caráter preventivo, e que acompanhem todas as fases do empreendimento, de forma que o empreendedor tenha controle do efeito negativo gerado.

Desse modo a proposição das medidas mitigadoras consta de um elemento de planejamento ambiental, bem como de orientação às operações da atividade minerária, no sentido de atenuar ao máximo os seus efeitos adversos.

A lavra de fonólito para britas desenvolvida tendo como embasamento um plano de aproveitamento e de viabilidade da lavra, que busca a otimização do processo produtivo, e a de rochas ornamentais, que será desenvolvida futuramente e deverá merecer as mesmas considerações, através do correto acompanhamento técnico, consistindo-se numa prevenção importante.

A empresa mineradora possui controle dos trabalhos de operacionalização do desmonte e do beneficiamento, uma vez que tem tradição na exploração de britas. Torna-se relevante, que a empresa tome conhecimento das intervenções da mineração sobre o meio ambiente, bem como dos efeitos adversos decorrentes do empreendimento em suas diversas fases. Mesmo por que EMPEL, já vem implantando aterros de estabilização e revegetação, no topo e encostas do serrote, e voluntariamente definiu todo o setor de barlavento como área de preservação.

À proposição das medidas mitigadoras precedeu um levantamento detalhado “in loco”, tanto do sistema ambiental como minerário, aliado ao estudo dos impactos ambientais identificados e/ou previsíveis no decorrer do desenvolvimento da mineração.

As medidas mitigadoras são propostas em uma seqüência, levando-se em consideração cada componente da atividade minerária.

9.7.2 - Proposição das Medidas Mitigadoras

Vias de Acesso

- ✓ Devem ser demarcados os limites das vias de acesso interno;
- ✓ A largura mínima das vias de trânsito devem ser duas vezes maior que a largura do maior veículo utilizado, no caso de pista simples, e três vezes, para pista dupla;

- ✓ É desaconselhável o tráfego de veículos quando a visibilidade for inferior a duas vezes a distância mínima de frenagem total do veículo, rodando a sua velocidade máxima permitida de operação;
- ✓ As vias de transporte contínuo devem possuir sistemas de sinalização em toda sua extensão;

Instalações

- ✓ As instalações auxiliares deverão funcionar protegidas de poeiras, rolamento de blocos, lançamentos de fragmentos e a salvo de inundações;
- ✓ Os materiais inflamáveis devem permanecer em depósito, construídos de acordo com as normas da ABNT, e devem localizar-se distanciados de outras instalações com risco de incêndio ou explosões;
- ✓ A oficina deve ser mantida de forma a permitir boas condições de trabalho (ventilada e arejada);
- ✓ As instalações e edificações da área da mina devem estar protegidas contra descargas elétricas atmosféricas e os sistemas de segurança devem ser revisados periodicamente;
- ✓ As instalações como alojamento, cozinha e refeitório devem apresentar boas condições sanitárias. Estas devem possuir sistema de esgotamento, instalações sanitárias e a limpeza deve ser feita diariamente;
- ✓ O lixo gerado nas instalações administrativas e auxiliares deve ser recolhido diariamente e, caso não haja coleta, ser destinado a um depósito previamente preparado. Como depósito do lixo pode ser feita uma escavação no terreno, devendo-se após o despejo do lixo, fazer o recobrimento com uma fina camada de terra, isso diariamente.

Lavra de Areias

- ✓ A extração de areia deverá ser restrita ao setores inseridos na Portaria de Lavra, ou seja, à área delimitada pela poligonal aprovada pela DNPM, respeitando as normas prescritas pelo Código de Mineração (1967) e pelas Normas Regulamentares de Mineração (1988);

- ✓ A empresa empreendedora deverá assumir a recuperação das áreas degradadas por esta atividade em época oportuna de acordo com as técnicas propostas neste trabalho;
- ✓ Respeitar os limites e técnicas de armazenamento de solo, evitando um empilhamento descontrolado;
- ✓ Permitir um escoamento das águas pluviais, deixando livre um acesso a porções mais baixas no terreno;
- ✓ Promover o aproveitamento por módulos, lavrando e recuperando trechos, à medida em que amplia-se a extração;
- ✓ Sinalizar os acessos internos da área de extração de areia vermelha;
- ✓ Colocar placas indicando a atividade, devendo na placa constar os números de processos e licenças, referentes a cada atividade; e,
- ✓ Suavizar os taludes dos setores já minerados.

Lavra de Britas

- ✓ Estudar detalhadamente cada detonação à realizar, visando minimizar os impactos por lançamentos ou ultral lançamentos de rocha e/ou fragmentos;
- ✓ Dimensionar as cargas levando sempre em conta o peso do volume a deslocar, e dirigindo os lançamentos para dentro da área de segurança da mina; e,
- ✓ Seguir as demais recomendações técnicas, principalmente as que dizem respeito ao desmonte por explosivos.

Manuseio de Explosivos

- ✓ Seguir as normas de armazenagem de explosivos prescritas no Extrato do R-105 do Ministério do Exército;
- ✓ As condições de armazenagem de explosivos devem atender as determinações do Ministério do Exército, entretanto, é oportuno ressaltar algumas medidas de controle de acidentes no que concerne a esta ação:
 - a) Quando da necessidade da relocação dos paióis na área da mina, a mesma deverá ser realizada após consulta e aprovação do Ministério do Exército.

- b) Executar periodicamente o roço da vegetação em toda a área de segurança dos paióis;
- c) fazer manutenção periódica do cercamento e placa da área dos paióis;
- d) Fazer manutenção periódica dos demais equipamentos instalados nos paióis, como pára-raios e extintores, entre outros;
- e) Controlar a entrada e saída de explosivos, devendo ter acesso aos paióis somente o pessoal autorizado pela empresa;
- f) manuseio de explosivos deverá ser feito por um blaster, sob inspeção de técnico habilitado, devendo-se tomar precauções para o seu transporte até a frente de desmonte, evitando choques, empilhamento e mistura de materiais como explosivos e acessórios;
- g) Os explosivos não utilizados deverão retornar imediatamente ao depósito;
- h) As embalagens dos explosivos utilizados deverão ser queimadas, guardando distância dos paióis e da frente de lavra;
- i) Todos os explosivos comprometidos em seu estado de conservação deverão ser destruídos de forma adequada.

Os Processos de Beneficiamento

- ✓ As rampas de acesso ao britador devem ter proteções, tipo “blocos de fonólito” pintados de cores amarela e preta (listras inclinadas), em suas laterais em curva e no contra-barranco (abismo);
- ✓ Fazer manutenção preventiva das máquinas e equipamentos da usina de beneficiamento, beneficiando o desempenho do processo, e minimizando os seus efeitos indesejáveis;
- ✓ Manter a atual vegetação de entorno e ampliá-la, visando dar mais densidade vegetal para evitar a propagação da poeira;
- ✓ Proceder a umectação periódica da pista de manobras da usina de beneficiamento;

- ✓ Umectar o material britado na saída das rampas, pois esta operação diminui a emissão de pó em até 50%;
- ✓ Concluir o quanto antes o projeto dos túneis de carregamento, que eliminará ainda mais a emissão de pó;
- ✓ Concluir o quanto antes os tanques de lavagens de britas visando proporcionar o mesmo efeito anterior.

Preparação da Frente de Lavra para Rocha Ornamental

- ✓ Selecionar antecipadamente, delimitar e prospectar as condições técnicas de lavra;
- ✓ Os trabalhos de abertura da frente de lavra devem ser acompanhados por técnico habilitado, bem como devem seguir o relatório técnico do plano de lavra;
- ✓ Orientar e treinar os operários selecionados para os trabalhos de abertura da frente de lavra;
- ✓ Adotar medidas de segurança no trabalho;
- ✓ Sinalizar com placa indicativa a frente de lavra;

Desmatamento

- ✓ A cobertura vegetal deverá ser removida somente nos setores previstos para a execução do decapeamento do estéril, desobstrução, construção do pátio de manobras e construção das servidões;
- ✓ Desmatamento nos setores a serem decapeados deve ser feito em período precedente a esta operação, de forma que logo após o desmatamento ocorra o decapeamento;
- ✓ Não deixar grandes áreas desmatadas, evitando-se dessa forma a atuação de agentes erosivos, e minimizando a degradação ambiental (visual);
- ✓ Delimitar previamente a área a ser desmatada, podendo-se utilizar piquetes de madeira ou outro tipo de marco que possa servir como elemento de demarcação;
- ✓ Orientar os operários quanto aos processos de retirada da vegetação, no sentido de reaproveitar os galhos e troncos vegetais e estocar todos os restos vegetais

(folhagens, galhos finos, raízes, frutos sementes e etc.), para utilização na recuperação dos setores degradados;

- ✓ Respeitar as áreas de interesse ecológico (Área de Preservação Ambiental), como forma de conservar as condições naturais desses ambientes;
- ✓ Evitar a queima da cobertura vegetal, encontrando destino para os troncos vegetais que porventura sejam cortados e estocar quando possível os restos vegetais juntamente com o solo para utilização na reabilitação de setores degradados;
- ✓ Compensar o desmatamento com a manutenção e ampliação do plantio da cortina de proteção de contato, localizada às margens esquerda e direita da estrada de acesso, bem como na área de servidões. Essa cortina de vegetação poderá ser ampliada para as demais vias internas e formada por frutíferas regionais;
- ✓ Fazer a manutenção adequada nas espécies frutíferas arbóreas/arbustivas plantadas na área das edificações, e adensá-la, de forma que esta vegetação funcione como anteparo para proteção contra poeiras;

Desobstrução

- ✓ Durante esta operação devem ser consideradas as condições locais de geotecnia e topografia;
- ✓ Devem ser adotadas medidas de segurança quanto ao rolamento de blocos de rocha ou mesmo de partes do capeamento;
- ✓ Antes do início dos serviços o responsável pela mina deve inspecionar as frentes de trabalho, de forma a prevenir riscos de desmoronamento, deslizamento e outros;

Decapeamento do Estéril

- ✓ Orientar os trabalhos de decapagem em função da espessura do capeamento e do avanço da frente de lavra, evitando-se decapear grandes áreas e deixá-las expostas aos processos erosivos;
- ✓ Definir previamente a espessura do horizonte considerado como solo fértil, quando este existir, e delimitar um local para a sua deposição, sendo de preferência um local plano, sombreado e salvo de alagamentos;

- ✓ O solo fértil deverá ser removido, em etapa, antecedente ao decapeamento do estéril;
- ✓ O solo fértil removido, quando estocado, deverá ser conservado para uso nos setores degradados a serem reabilitados;

Estocagem do Solo

- ✓ Para a estocagem do solo, é recomendável fazer o depósito em local plano, formando pilhas regulares não superior a 2,0 metros de altura;
- ✓ Para prevenir a erosão e o carreamento de partículas mais finas, a base da pilha poderá ser protegida com troncos vegetais (do desmatamento da própria área) e toda sua superfície deverá ser recoberta com restolhos vegetais;
- ✓ Procurar não alterar as características do solo removido, evitando a compactação do material;
- ✓ Fazer periodicamente o revolvimento do solo estocado na pilha. Isto irá facilitar o processo de aeração promovendo uma melhor atividade biológica, o que aumenta a sua fertilidade.

Deposição do Estéril (Bota-fora)

- ✓ O material estéril resultante do decapeamento deverá ser manejado para a formação de aterros de estabilização e mesmo, para construção da praça na frente de lavra para rocha ornamental. Dessa forma todo o estéril do decapeamento deverá ser destinado aos aterros na própria área do empreendimento;
- ✓ A formação do pátio de manobras (aterramento com uso do estéril) deverá respeitar o sistema natural de drenagem superficial, bem como deverá atender as condições geotécnicas para o trânsito de veículos pesados;
- ✓ Proceder a terraplanagem no sentido de orientar a declividade do pátio para não formar alagamentos;
- ✓ Estabilizar os taludes para evitar o escorregamento de massa e controlar os processos erosivos;
- ✓ Fazer a compactação da superfície do aterramento em camadas, utilizando-se o próprio equipamento do manejo, alternando camadas de estéril e camadas de rejeito;

- ✓ Não obstruir a drenagem natural. Para tanto deve-se construir no canal de drenagem natural bueiros ou manilhas, para permitir o escoamento das águas superficiais;
- ✓ Fazer aspensão de água no pátio e acessos internos, visando obter maior compactação, bem como a atenuação de poeiras fugitivas;
- ✓ Colocar uma camada de material drenante na superfície de fundação para evitar futuros problemas geotécnicos;
- ✓ Abrir canais de drenagem na superfície dos aterros para escoamento das águas pluviais, evitando alagamento na superfície do depósito, bem como erosão nos seus taludes.

Drenagem da Área de Lavra

- ✓ Evitar o assoreamento das cursos d'água na área da mineração. Desobstruir as linhas de drenagem na área de lavra e fazer a remoção de materiais que possam impedir o escoamento natural das águas superficiais;
- ✓ Manter as atuais desimpedidas, e construir novos canaletes de drenagem no entorno das edificações, das vias internas e nas praças e pátios, no sentido de direcionar as águas pluviais para um local de maior declividade do terreno, evitando assim alagamento.

Perfuração

- ✓ Todos os operários que trabalharem deverão utilizar, diretamente na operação de perfuração de rocha, equipamentos de proteção individual, conforme determina a legislação vigente;
- ✓ As concentrações de poeiras nos locais de trabalho não podem ultrapassar os limites de tolerância estabelecidos pela legislação vigente;
- ✓ As perfurações devem ser executadas de forma a garantir as melhores condições de segurança;
- ✓ Na perfuração devem ser consideradas as características técnicas dos equipamentos, a estabilidade da rocha e as demais condições de segurança no trabalho;
- ✓ Durante as perfurações os equipamentos de porte, como tratores, devem guardar distância das superfícies instáveis;

- ✓ A manutenção periódica dos equipamentos utilizados nesta operação deverá atenuar os gases e ruídos emitidos abusivamente;

Desmorte / Corte

No desmorte deverão ser incluídas as medidas propostas para as operações de desmorte primário e secundário, considerando-se que o conjunto faz parte da lavra propriamente dita.

- ✓ Cercar completamente a área da mineração com cerca de arame e estacas de concreto ou de madeira, recomendado-se que para melhor definição de limites a extremidade das estacas seja pintada na cor vermelha ou laranja e que seja feita manutenção periódica do cercamento.
- ✓ Colocar na área da mineração uma placa indicativa informando a situação legal da atividade junto aos órgãos licenciadores;
- ✓ Sinalizar o limite da área de segurança da mina;
- ✓ Os ultralanchamentos, possíveis na produção de britas, exigem que se dimensione a detonação de forma que os fragmentos de rocha permaneçam nos limites de segurança da mina;
- ✓ Elaborar previamente plano de fogo para cada desmorte;
- ✓ Devem ser adotadas medidas de segurança no planejamento e execução do desmorte da rocha com a utilização de explosivos;
- ✓ Na utilização de explosivos procurar adotar as seguintes recomendações técnicas:
 - ✎ Evitar detonar explosivos dando-lhe peso ou engatamento inadequado;
 - ✎ Usar razão de carregamento adequada para o desmorte de cada seção no fonólito;
 - ✎ Não adotar afastamento grande;
 - ✎ Evitar uso do pré-fissuramento (na produção de britas), sem concluí-lo;
 - ✎ Evitar detonar furos de levante, sem peso confinante;
 - ✎ Adotar retardos entre carreiras compatíveis com a frequência de vibração;
 - ✎ Evitar detonar explosivos não confinados;

- ↳ Orientar as detonações, adotando adequadamente o horário de fogo e procurar manter regularmente esse horário para que as pessoas, e mesmo a fauna da região se acostumem com os ruídos provocados. Deve-se evitar domingos, feriados e horários de silêncio;
 - ↳ O técnico encarregado do fogo, antes do início das detonações, deverá recuar todo o pessoal da área de risco, interditar a estrada de acesso à frente de desmonte, avisar através de sirene, como forma de alertar quanto ao horário das detonações;
 - ↳ Após as detonações a área deverá ser inspecionada para posterior liberação às operações de manuseio do minério;
 - ↳ Aguardar tempo suficiente para que os gases sejam dissipados;
 - ↳ Obrigatoriamente, não deixar furos carregados de um dia para o outro.
-
- ✓ Caberá a empresa mineradora fazer cumprir as determinações contidas no Código de Mineração, na Consolidação das Leis Trabalhistas e nos demais dispositivos vigentes no País, no Estado e no Município, no que se refere às condições insalubres de trabalho dos operários durante a utilização de equipamentos pesados;
 - ✓ As áreas e as instalações de risco potencial, assim como as frentes de lavra deverão permanecer adequadamente protegidas e sinalizadas;
 - ✓ Para minimizar a poluição do ar e o impacto visual decorrentes dos trabalhos de lavra é importante manter a vegetação no entorno da área de lavra e das faixas de controle ambiental;
 - ✓ A emissão de vibrações no solo e o ruído no ar, decorrentes das detonações, deverá ficar dentro dos valores permitidos pelos órgãos competentes;
 - ✓ Procurar sempre aproveitar o máximo de rocha por seção detonada, visando diminuir possíveis perdas em lavra.

Esquadrejamento dos Blocos

- ✓ O operário encarregado do esquadrejamento deverá utilizar adequadamente os equipamentos de proteção individual, destacando-se luvas, óculos de proteção, capacete, entre outros;

- ✓ Esta operação não resulta em alteração ambiental, uma vez que é realizada manualmente e a geração de rejeito é mínima, entretanto, as condições do ambiente de trabalho para o operário são bastante insalubres, haja vista ficar exposto constantemente ao sol, bem como em posição incômoda, o que pode gerar prejuízos à saúde;
- ✓ É recomendável a existência de abrigos, ainda que rústicos, capazes de proteger os trabalhadores envolvidos nessa operação contra a insolação excessiva.

Manuseio do Minério (Movimentação e Embarque)

- ✓ Sinalizar e delimitar os setores de manuseio do minério, da frente de lavra até o local do britador, ou da elevação, na futura frente de desmonte de rocha ornamental. A sinalização poderá ser feita com pneus pintados ou blocos de rocha;
- ✓ Durante o embarque, evitar a permanência de pessoas estranhas no local, bem como evacuar os trabalhadores da mina que operam outras ações;
- ✓ Os operários encarregados desta operação deverão utilizar os equipamentos de proteção individual;
- ✓ Os equipamentos utilizados nesta operação deverão ser regulados periodicamente para evitar acidentes de trabalho;
- ✓ Durante a estação seca, a área de manuseio do minério deverá ser freqüentemente umectada, de modo a evitar o lançamento de poeiras fugitivas.

Transporte do Produto

- ✓ Colocar placa indicativa no entroncamento da estrada de acesso à mina com a via pública;
- ✓ Antes do embarque, recomenda-se que os blocos sejam lavados para evitar o lançamento de poeiras durante o transporte;
- ✓ Para britas e areias, recomenda-se a cobertura lonada da carga;
- ✓ Controlar a velocidade dos veículos transportadores, em função da carga;

- ✓ Não ultrapassar a carga máxima permitida por carrada, facilmente controlada com a utilização de balança;
- ✓ Fazer o controle da manutenção e regulagem periódica dos veículos como forma de evitar emissões abusivas de ruídos e gases;
- ✓ Como os ventos dissipam parcialmente os gases, minimizando estes impactos, mas também impulsionam as poeiras, recomenda-se cautela ao utilizar-se este elemento natural;
- ✓ As estradas de acesso dentro da área deverão receber sinalização adequada, compatível com a sinalização convencional de trânsito;
- ✓ O empreendedor deverá atentar para a capacidade de carga dos bueiros existentes ou possíveis nas vias internas, dado o peso elevado dos blocos à produzir, no intuito de evitar acidentes de percurso;
- ✓ Durante o transporte as carrocerias dos caminhões transportadores deverão permanecer sinalizadas indicando o transporte de carga pesada.

Equipamentos e Materiais

- ✓ Manter os equipamentos, como compressor e perfuratrizes ajustados, para evitar emissão abusiva de ruídos acima dos níveis normais dos equipamentos;
- ✓ Fazer a manutenção e regulagem periódica dos tratores;
- ✓ Guardar os materiais combustíveis, como óleo diesel, em depósitos apropriados, com o fim de evitar derramamentos ou incêndios que possam prejudicar pessoas, animais e/ou o meio ambiente;
- ✓ Colocar placa de sinalização no depósito de materiais combustíveis;
- ✓ Manter estoque de reposição de equipamentos de proteção individual, e sempre que necessário substituir os equipamentos desgastados ou quebrados, visando manter a segurança do operário;
- ✓ Manter um estoque regular de filtros para máscaras anti-pó, e substituí-los sempre que necessário;
- ✓ Manter extintores de incêndio na área das servidões.

9.8 - PLANOS DE CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL

9.8.1 - Definição e Controle das Áreas de Interesse Ecológico

A propriedade que comporta a mineração de fonólito e areia abriga como áreas de interesse ecológico as áreas de controle ambiental da mineração e as áreas de preservação permanente nos termos da legislação pertinente (Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, Resolução CONAMA nº 004, de 18 de setembro de 1985, e Lei Federal nº 7.803, de 18 de julho de 1989, e mais a Lei Orgânica do Município de Eusébio, promulgada em 05 de abril de 1990).

As áreas de controle ambiental, embora não completamente definidas na legislação, são aquelas áreas também de interesse ecológico que controlam e protegem as áreas de lavra, e de servidões, e as áreas ecótonas de preservação. Desse modo, as áreas de controle ambiental estão assim definidas:

- ✓ Área de segurança dos paíóis e de seu entorno;
- ✓ As faixas em torno das Áreas de Preservação, principalmente as áreas que margeiam as áreas de mineração;
- ✓ As faixas de proteção ao longo da estrada de acesso à área do empreendimento;
- ✓ As áreas de preservação dentro do limite da área são as seguintes:
 - ↳ Topo do serrote Cararu;
 - ↳ Parte das encostas do serrote Cararu com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declividade.

As áreas de interesse ecológico deverão ser delimitadas em campo e sinalizadas com placas indicativas.

Os ecossistemas dessas áreas deverão ser preservados. Portanto, recomenda-se a proteção à fauna e flora das áreas definidas como de interesse ecológico e de preservação ambiental.

9.8.2 - Plano de Proteção à Fauna e à Flora

A biocenose ameaçada, seja por manuseio inadequado do solo ou pela caça, inspira cuidados. Para tanto, faz-se necessário, a proibição imediata da caça à fauna e a derrubada da flora, conforme estabelece a Lei Federal nº 9.605/98 (Lei da Natureza ou Lei de Crimes Ambientais).

Para os desmatamentos necessários ao desenvolvimento da mineração recomenda-se que seja feito o salvamento da fauna, ou que esta seja induzida a fuga para áreas contíguas.

Sempre que possível preservar as espécies arbustivas da flora, principalmente na área de servidões, onde pode-se fazer a limpeza do terreno e conservar algumas espécies arbustivas, as quais servirão também para amenizar as condições ambientais da área da mineração.

9.8.3 - Plano de Proteção ao Trabalhador

Cabe à empresa mineradora assegurar-se de que os empregados encontram-se aptos a realizarem trabalhos em mineração.

Nas atividades com risco à saúde do trabalhador, as empresas deverão possuir um sistema de monitoramento do ambiente e controle dos parâmetros que afetam a saúde do trabalhador.

As empresas deverão realizar treinamento de segurança operacional, o qual deverá ser ministrado por pessoal habilitado.

A empresa deverão fazer cumprir as determinações contidas no Código de Mineração, na Consolidação das Leis Trabalhistas e em todos os dispositivos legais vigentes no país.

Deverão ser adotadas medidas de segurança e de higiene adequadas à prevenção de doenças do trabalho.

As empresas deverão garantir o imediato atendimento ao acidentado, de acordo com a legislação vigente. Na área da mina deverá ser mantida um kit de primeiros socorros, equipado com material adequado para se fazer pequenos curativos e para desinfecção dos

instrumentos utilizados. Pelo menos dois empregados, com ocupação permanente na área da mina, deverão ser instruídos em noções de primeiros socorros. Recomenda-se ainda que as empresas providenciem soro antiofídico para utilização imediata no caso de algum trabalhador ser atacado por animais peçonhentos. O soro poderá ser guardado nas próprias minas, as quais dispõem de energia elétrica, e podem mantê-lo refrigerado.

As empresas deverá garantir pronto atendimento médico ao trabalhador acidentado quando em atividade na área da mineração.

Durante qualquer atividade mineira, o responsável pela mina deve garantir a segurança das pessoas em serviço na mina.

As empresas mineradoras deverão organizar e manter uma brigada contra acidente, ou similar, equipada com os aparelhos necessários, e, proporcionar treinamento especializado à brigada, com aulas teóricas e práticas simuladas.

É obrigação do empreendedor proporcionar o uso dos seguintes equipamentos:

- a) proteção para a cabeça: capacete de segurança, óculos de segurança contra impactos, protetor facial, protetor auricular, máscara contra poeiras;
- b) proteção do tronco: avental de raspa de couro ou material similar, vestimenta protetora, ombreira protetora;
- c) proteção para braços e mãos: luvas de couro, luvas de borracha, luvas de mangas de raspa de couro ou material similar;
- d) proteção para pernas e pés: calçados de proteção, perneiras de raspa de couro ou material similar;
- e) proteção contra queda com diferença de nível: cinto de segurança para trabalho em altura superior a 2,0 metros e que haja risco de queda.

É necessário o fornecimento de água potável para os trabalhadores, devendo-se evitar o uso de copos coletivos.

Devem ser colocados, em local visível para os trabalhadores, cartazes alusivos a prevenção de acidentes de trabalho.

9.8.4 - Plano de Segurança da Área da Mina

A área da mineração, incluindo seus acessos, deverá estar adequadamente protegida e sinalizada.

As áreas e as instalações de risco potencial deverão permanecer adequadamente sinalizadas.

Cabe ao responsável pela mina adotar providências de segurança necessárias ao ingresso de pessoas na área de lavra, devendo ser proibida a entrada de crianças.

As instalações e equipamentos deverão ser montadas/construídas e operadas em estrita observância às normas de segurança em vigor.

Todos as áreas de riscos sujeitas a ocorrência de explosões e/ou incêndio deverão ser adequadamente demarcadas e sinalizadas.

As instalações elétricas deverão estar convenientemente protegidas contra impactos ocasionais, água, poeira, animais e outros.

Em todos os depósitos deverão ser fixados, em local visível, cartazes indicando o tipo e a quantidade de material contido.

Nos locais onde houver estoque de combustíveis e material explosivo, deverão permanecer cercados e portarem cartazes com indicação de área de perigo, conforme normas vigentes.

Os horários de fogo deverão constar de placas bem visíveis na entrada da mina.

Todos os dispositivos de sinalização deverão ser mantidos em perfeito estado de uso.

As cores indicativas da sinalização deverão estar de acordo com as normas da ABNT.

A empresa deverá realizar mapas de risco ambiental. Esses mapas deverão ser colocados em locais visíveis, para que todos os empregados possam tomar conhecimento dos riscos da atividade e assim contribuir nos trabalhos de prevenção de acidentes.

9.8.5 - Plano de Proteção e Combate à Poeira

Nos locais onde ocorrerem a formação de poeiras deverão periodicamente ser realizadas medição, a fim de verificar sua concentração e serem adotadas as medidas de proteção e combate. Os resultados deverão ser registrados.

Recomenda-se que durante o verão seja feita umectação das frentes de trabalho, pátio de manobras e acessos internos.

Recomenda-se também que o transporte de areias seja realizado com adequada cobertura lonada.

No caso da furação de rocha e do beneficiamento, a empresa deverá comprovar, pela frequência de medição, que o teor de partículas estará dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

No caso de formação de poeiras acima dos níveis normais, devem ser instalados nos equipamentos dispositivos para pulverização de água no local da furação.

Todas as instalações e fontes de emissão de poeiras acima dos limites devem ser controladas e equipadas com dispositivos de combate ao pó.

Em locais onde as medidas de combate à poeira tornar-se tecnicamente impossibilitada, deverá ser obrigatório o uso de equipamento individual (máscara).

Ressalte-se que as concentrações de poeiras no ambiente de trabalho não poderão ultrapassar os limites de tolerância estabelecidos pela legislação vigente.

Uma cortina vegetativa deverá ser implantada visando impedir ou minimizar a passagem de pó para ambientes fora da área de mineração.

9.8.6 - Plano de Controle de Ruídos

Os níveis de ruídos contínuos ou intermitentes devem ser medidos em decibéis (dB), com instrumento de nível de pressão sonora, operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta. As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador.

Os tempos de exposição aos níveis de ruídos não devem exceder os limites de tolerância fixados segundo a NR-15 (Tabela 9.1).

As medições deverão ser registradas. Caso os níveis ultrapassem os limites de tolerância, deverão ser adotadas medidas de controle dos níveis de ruídos, entre as quais cita-se: uso de equipamento de proteção individual e dispositivo de controle dos ruídos nos equipamentos que emitirem ruídos.

Tabela 9.1 - Limites de tempo de exposição a ruídos, conforme Norma NR-15

Nível de ruído (dba)	Máxima exposição Diária permissível
85	8:00 HORAS
86	7:00 HORAS
87	6:00 HORAS
88	5:00 HORAS
89	4:30 HORAS
90	4:00 HORAS
91	3:30 HORAS
92	3:00 HORAS
93	2:40 HORAS
94	2:15 HORAS
95	2:00 HORAS
96	1:45 HORAS
98	1:15 HORAS
100	1:00 HORAS
102	0:45 HORAS
104	0:35 HORAS
105	0:30 HORAS
106	0:25 HORAS
110	0:15 HORAS
112	0:10 HORAS
114	0:08 HORAS
115	0:07 HORAS

9.8.7 - Plano de Controle dos Processos Erosivos

Sabe-se que os processos erosivos começam com o desmatamento das áreas, sendo mais crítica se a área desmatada apresenta declividade ou se passa um período muito longo sem reimposição.

A melhor medida de controle dos processos erosivos é a prevenção: logo que apareçam os primeiros sinais, é importante não deixar que ocorra a formação de ravinamentos ou voçorocas.

Os processos erosivos são mais comuns em áreas de lavra e depósitos de estéril/rejeito, não recuperados ou abandonados; em áreas onde a lavra está em andamento,

em depósitos sendo construídos, mas ainda não estabilizados ou revegetados, ou ainda nos leitos das estradas de revestimento natural.

Os sulcos erosivos podem ser eliminados da seguinte forma:

- a) através do preenchimento por estéril e rejeitos da mineração;
- b) através do corte perpendicular ao eixo central do sulco erosivo, e preenchimento com subsolo; e,
- c) estabilização com métodos biológicos, utilizando-se a revegetação com espécies herbáceas.

No caso de preenchimento total, o sulco erosivo poderá ser eliminado com material empurrado das laterais, ou material novo transportado até o local.

É importante obter uma compactação do material de preenchimento, estendendo-o por cima do material não erodido, nas laterais, a montante e a jusante. O material transportado deve ter características de estabilidade igual ou melhor do que o material em que a erosão se formou.

Durante a reabilitação dos terrenos com processos erosivos, deve-se fazer o desvio de águas de superfície da cabeceira e laterais por meio de valetas ou canaletas paralelas às margens laterais e revestidas de argamassa com pedra de mão.

A revegetação da superfície é a etapa final da recuperação da área erodida.

Quando não for possível utilizar o método de preenchimento total, recomenda-se utilizar o seguinte método:

- a) Desviar as águas superficiais da cabeceira e laterais por valetas ou canais revestidos;
- b) Colocar dentro do setor erodido matacões e vegetação morta;
- c) Construir uma série de barreiras, perpendiculares ao eixo maior, com matacões, troncos de árvores, tábuas, bambus ou varas amarradas, conhecidas como estruturas paliçadas, para segurar os sedimentos.

Para evitar o aparecimento de processos erosivos deve-se controlar e diagnosticar as erosões, principalmente no período chuvoso. A maneira mais prática de controlar é manter o

máximo possível da cobertura vegetal e revegetar com espécies herbáceas os taludes formados na construção do pátio de manobras.

9.8.8 - Recuperação e Reabilitação das Áreas Degradadas

A atual área em lavra corresponde ao entorno do serrote Cararu, nos seus bordos oeste, migrando para sul, num sentido anti-horário de rotação. A lavra de rocha ornamental compreenderá a porção sudeste do serrote e será desenvolvida para leste e sul, este num sentido horário, na tentativa de unificação das duas frentes. A lavra de areia já foi realizada nas porções de além fonólito, à leste e sul, sendo atualmente desenvolvida à oeste.

O capeamento de solo, na lavra da areia vermelha, com espessura variável de 0 a 1 m, e que deverá ser removido, é constituído por solo acinzentado, com constituintes mais orgânicos que minerais. Na porção do fonólito, o solo é também toda a parte superior da rocha desagregada, e tem espessura de 0 à 3 m, e está sendo removido para a construção de aterros no topo e encostas do serrote.

A drenagem natural do terreno não poderá ficar modificada com o decapeamento realizado no fonólito, e os aterros deverão obedecer os canaletes de drenagem. Para a areia vermelha, tanto o decapeamento, quanto a lavra e disposição dos solos, alteram a drenagem superficial, com a formação da cava.

Devido a significativa transferência de massa representada pela mineração, o volume subtraído do relevo termina por ser muito grande para que se possa cogitar em recuperá-lo, através da recomposição topográfica, com modelagem da superfície final próxima do contorno original.

A solução mais adequada e prática é a reabilitação dos setores degradados adequando o novo relevo a uma modelagem compatível com a morfologia da região de entorno.

No planejamento da reabilitação das áreas degradadas na mineração de fonólito e areia da propriedade Cararu, deverão ser levados em consideração fatores como aproveitamento racional do relevo deixado pela mineração, condições geotécnicas do terreno e características físicas do relevo da área de entorno, no sentido de melhor adaptar os elementos resultantes da mineração à um novo empreendimento economicamente viável e que traga benefícios para a região.

Considerando-se a vida útil da mineração, é conveniente recomendar a implementação de medida de controle e compensação durante a atividade de mineração, o que além de mitigar os impactos ambientais adversos causados por esta atividade, deixará a área em condições de ser mais facilmente reabilitada à uma nova atividade.

Em se tratando de uma região com grande vocação urbana, a área poderá ser reabilitada ao desenvolvimento de reservatório de água, onde a cava no fonólito serviria futuramente como solo impermeável, declinado, e a formação de um grande reservatório, daria suporte ao processo de ocupação para atividades de lazer. As demais áreas que comportam as lavras de areia vermelha podem ter usos variados dependendo dos interesses futuros, já que seus desníveis finais, serão pequenos, comparados à grande cava no fonólito, projetada ao final da lavra com o método de teleférico de transporte radial.

Com o intuito de reabilitar parcialmente as áreas durante as atividades de mineração recomenda-se o seguinte:

- ✓ Conformação topográfica dos depósitos de estéril (bota-fora) e das cavas de areia, e que após sistematizados, deverão receber uma camada de solo fértil, ficando preparado para o reflorestamento, devendo conservar o traçado dos acessos internos às frentes de lavra;
- ✓ Para o reflorestamento recomenda-se que sejam plantadas inicialmente espécies herbáceas para prevenir os processos erosivos e posteriormente espécies arbóreas/arbustivas, de preferência frutíferas e leguminosas. Quanto ao método de plantio, tratos culturais e escolhas das espécies, recomenda-se que seja consultado um técnico especializado, que irá traçar um programa específico para as espécies a serem selecionadas;
- ✓ Posteriormente todas as superfícies inclinadas deverão receber uma camada de solo fértil, para revegetação dos taludes, onde poderão ser utilizadas espécies de gramíneas, através de semeadura direta;
- ✓ O depósito de pó de pedra, situado a nordeste do serrote, deverá ser removido para um local, protegido dos impactos visuais, e da força de arrasto das correntes eólicas. Propõe-se que o pó de pedra seja utilizado como corretivo de solo, por ser alcalino e conter potássio;

- ✓ Os taludes do depósito atual de pó de pedra, situados no setor de barlavento do serrote, devem receber uma camada de solo fértil assim que for escoado o atual volume de material;
- ✓ Na área de servidões, e principalmente no beneficiamento, deverá ser incrementado o plantio de frutíferas, visando atenuar a degradação da paisagem imposta ao ambiente pelos trabalhos de lavra e beneficiamento;
- ✓ As edificações construídas poderão servir para diversos fins, dada a proximidade à localidade de serrote Cararu. Dessa forma estas devem ser conservadas após encerradas as atividades de lavra no local;
- ✓ Em todo o limite da área da poligonal da Portaria de Lavra, numa faixa de aproximadamente 20,0 metros, deverá ser plantada uma cortina vegetal com espécies arbóreas/arbustivas visando atenuar a degradação da paisagem, principalmente, quando a área é enfocada da estrada que dá acesso as praias do litoral leste.

10 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Do ponto de vista geológico a área está dominada por uma faixa sedimentar derivada de sedimentos terrígenos do final do Terciário e início do Quaternário, e pelo vulcanismo alcalino, representado pelo fonólito do morro Cararu.

Quanto à dinâmica sedimentar, constata-se que o aporte de sedimentos é constante e, em função da direção e velocidade dos ventos, as feições dunares são migratórias. Contudo, a área apresenta sua linha de costa estável, tendo-se apenas a sedimentação flúvio-lacustre das áreas sazonais ligadas à drenagem natural, principalmente do rio Pacoti.

Na planície litorânea estudada, observa-se a ocorrência de assoreamento nas desembocaduras dos rios Pacoti e Cocó, abrasão marinha em suas margens esquerdas, migração ou avanço de dunas e degradação dos manguezais e da paisagem natural.

A necessidade de se manter a atividade de exploração mineral na região é justificada não apenas pelos benefícios diretos, mas também pelos indiretos, como suprimento e oferta de bens minerais vitais para o desenvolvimento da construção civil na Região Metropolitana de Fortaleza.

Dada a concentração dos bens minerais (areia e brita) numa área relativamente pequena (2 km²), há uma potencialização dos efeitos causados pela mineração, exigindo um rigor das autoridades e uma consciência dos mineradores no cumprimento das normas legais e técnicas, para um aproveitamento racional dos recursos com um mínimo de degradação ambiental.

São enumerados a seguir os principais impactos ambientais advindos da extração e comercialização da areia e fonólito.

Os impactos positivos são principalmente três:

- ✓ Geração de empregos: os barreiros em atividade empregam hoje diretamente cerca de 68 pessoas, devendo ser ainda ressaltada a grande geração de empregos indiretos que tal atividade proporciona;
- ✓ Contribuição para arrecadação de impostos e tributos face a operação dos barreiros e a extração de brita associadas à comercialização;

- ✓ Suprimento de areia e brita para a Região Metropolitana de Fortaleza: devido à proximidade e condições de lavra, as extrações constituem uma fonte segura e barata para a construção civil da região.

Os impactos negativos mais significativos são:

- ✓ Limpeza do terreno e abertura de acesso: remoção da cobertura vegetal e erosão, descaracterização da paisagem, geração de resíduos;
- ✓ Abertura de cavas e canais de drenagem: descaracterização da paisagem, geração de resíduos, criação de condições para proliferação de vetores de doenças, riscos de contaminação dos aquíferos;
- ✓ Extração, beneficiamento e estocagem de material: geração de resíduos, carreamento de sólidos para rios, riscos de afogamento de pessoas e animais, risco de acidentes de trabalho, riscos de desmoronamento;
- ✓ Transporte: interferências no sistema viário, riscos de acidentes de trânsito, lançamentos de partículas no ar;
- ✓ Desativação do empreendimento: risco de afogamento de animais e pessoas.

Recomendações:

- ✓ Definição das áreas protegidas por lei, bem como implantação de unidades de conservação a serem definidas a partir do zoneamento apresentado neste trabalho;
- ✓ Preservação e recomposição da mata ciliar e da vegetação da borda de tabuleiros, encostas e topo das dunas;
- ✓ Uso controlado das dunas, por constituir-se em importante área de recarga dos aquíferos, equilíbrio dos rios, lagoas (valor recreativo) e da cunha salina e, ainda, por apresentar elevada susceptibilidade à contaminação dos efluentes domiciliares e “lixões”;
- ✓ Elaboração de plano diretor e programas de educação ambiental com envolvimento da comunidade e ONG’S (Organizações Não-Governamentais);

- ✓ Recuperação de áreas degradadas pela mineração (cavas de areias e argilas abandonadas) e regularização das atividades minerárias ilegais;
- ✓ Tratamento adequado do lixo municipal, haja vista que foi constatado a disposição de resíduos na área;
- ✓ Uso e ocupação da área mediante critérios técnicos e respeitando o zoneamento apresentado;
- ✓ Manter as frentes de lavra devidamente cercadas para que não haja o acesso de pessoas ou animais que venham comprometer a segurança da população;
- ✓ Manter placas com indicação de tráfego de veículos pesados e com indicação das autorizações e licenças do IBAMA, DNPM, SEMACE e Prefeitura Municipal de Fortaleza e Eusébio.
- ✓ Deixar os taludes com inclinação inferior a 45°, para evitar possíveis desmoronamentos ou acidentes.

11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M., 1955 - Geologia e petrologia do arquipélago de Fernando de Noronha. Ministério da Agricultura - Departamento Nacional da Produção Mineral. Rio de Janeiro. 1981p.
- ARTHAUD, M. H.; DOTE SÁ, T.; SENA A. P., 1996 - Plano de Recuperação de Área Degradada e Plano de Controle Ambiental da Pedreira Sueste. Fernando de Noronha. Pernambuco.
- BAGNOLD, R. A., 1954 - *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*. William Morrow and Co. New York, 265 pp.
- BELLY, P. Y., 1964 - Sand movement by wind. Tech. Mem. 1, Us Army Corps of Engineers: Coastal Engineering Research Center, 80 pp.
- BIGARELLA, J. J., BECKER, and G. M. DUARTE, 1969: Coastal dune structures from Paraná Brasil. *Marine Geology*, 7, 5-55.
- BITAR, O. Y., 1992 - Recuperação de áreas mineradas: considerações sobre técnicas aplicáveis a regiões urbanas / Apresentado ao "Workshop Internacional" Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável, São Paulo.
- BOHNET, E. L.; KUNZE, L., 1990 - Waste disposal - planning and environmental protection aspects. In: KENNEDY, B. A., ed. *Surface mining*. 2. ed. Littleton, AIME. Cap. 5, Sec. 5.6, p. 485-92.
- BRAGA, A. de P. G. et al., 1977 - Projeto Fortaleza. Recife, DNPM/CPRM.
- BRANDÃO, R. de L., 1995 - Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza - CPRM - Fortaleza-CE.
- BRASIL, 1979 - Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral, - Código de mineração e legislação correlativa. Brasília. (publicação Especial, n. 12).
- BRASIL, 1981 - Ministério das Minas e Energia/Secretaria Geral - PROJETO RADAMBRASIL, Folha AS.24 - Fortaleza, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. vol. 21, Rio de Janeiro, 739 p., il., mapas.

- CANADÁ, 1990 - Proceedings of the Symposium on coastal Sand Dunes and Comptes rendus de la Symposium sur les dunes littorales. Ontario. National research Council Canadá and Conseil National de Recherches Canadá.
- CASTRO, G. L.; LEAL, R. L. V.; LESSA, H. M. A., 1998 - Estudo de impacto Ambiental do Projeto da Ponte sobre o rio Cocó, Fortaleza, Ceará.
- DAMUTH, J. E. & GORINI M. A., 1976 - The equatorial Mid-Ocean canyon: a relict deep-sea channel on the brasilian continental margin. Geological Society of America Bulletin, v. 87, p. 340-346, 12 figs., March 1976, Doc. nº 60302.
- DAVIS Jr., RICHARD A. 1997 - Coastal sedimentary environments. 2. Revised; expanded edition New York: Springer-Verlag. 716p. il.
- DOWN, C. G.; STOCK, J., 1978 - Environmental impact of mining. London, Applied Science Publishers.
- DYER, K. R., 1973 - *Estuaries: A physical Classification*. John Wiley, New York, 140 pp.
- FINKEL, H. J., 1959 - The barchans of southern Peru. *J. Geol.* 67, 614-647.
- FREIRE, G. S. S., 1989 - Etude hydrologique et sedimentologique de l'estuaire du rio Pacoti (Fortaleza-Ceará-Brésil). These de doctorat. Université de Nantes. 232p. Nantes.
- FUNCEME, 1995 - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Naturais - Governo do Estado do Ceará. Relatório interno, Fortaleza/Ceará.
- GOLDSMITH, V., 1972 - *Coastal Processes of a Barrier Island Complex, and Adjacent Ocean Floor: Monomoy Island-Nauset Spit, Cape Cod, Massachusetts*. Ph.D. Dissert., Geology Dep., Univ. of Massachusetts, Amherst, 469 pp.
- GOLDSMITH, V.; HENNIGAR, H. F., and GUTMEN, A. L., 1977 - The "VAMP" coastal dune classification. In: Goldsmith, V. (ed.), *Coastal Processes and resulting Forms of sediment Accumulation, Currituck Spit, Virginia/North Carolina*. SRAMSOE Nº 143, Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point, VA, pp. 26-1-26-20.
- GOLDSMITH, V., 1985 - "Glacial and Periglacial Geomorphology." 608 p., Edward Arnold Ltd.

GRIFFITH, J. J., 1980 - Recuperação conservacionista de superfícies mineradas. Viçosa. UFV. 51 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS
RENOVÁVEIS, 1990 - *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação*. Brasília, IBAMA.

JOHNSON, J. W., 1965 - Sand movement on coastal dunes. In: *Federal Inter-Agency Sedimentation Conference Proceedings*. U. S. Dept. of Agriculture, Misc. Publi. 970, pp. 747-755.

McKEE, E. D., 1979 - Introduction to a study of global sand seas. In: McKee, E. D. (ed.), *A Study of Global Sand Seas*. Geol. Survey Prof. Paper 1052. U. S. Govt. Printing Office, Washington, DC, pp. 1-21.

MASCHIO, L. M. A. et al, 1992 - Evolução, estágio e caracterização da pesquisa em recuperação de áreas degradadas no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba. /Anais/. S. 1., s. ed. P. 17-33.

MAIA, L. P.; SABADIA, J. A.; FREIRE, J. S. S. e SERRA, J., 1997 - Caracterização geoquímica e diagenética da cimentação carbonática dos beachrocks e eolianitos da região costeira do Ceará. Bol. XVII Simp. Geol. Nord. 177-181.

MAIA, L. P.; JIMENEZ, J. A.; SERRA, J. e MORAIS, J. O., 1998 - the Fortaleza (NE Brazil) waterfront. Port versus coastal management. *Journal of Coastal Reseach*.

MAIA, L. P., 1998 - Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. Espanha. 269p.

MORAIS, J. O., 1980 - Aspectos da geologia ambiental costeira do município de Fortaleza, Tese de Professor Titular. UFC.

MOREIRA, M. M. M. A.; GATTO, L. C. S., 1981 - Geomorfologia "in" Projeto RADAMBRASIL - Vol 21. MME/SG, Rio de Janeiro, pp. 213 - 252.

- NASCIMENTO, D. A. do; GAVA, A.; PIRES, J. de L.; TEIXEIRA, W., 1981 - Geologia. Mapeamento Regional. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha AS.24-Fortaleza. v.21, p.23-133. Rio de Janeiro.
- OLSON, J. S., 1958 - Lake Michigan dune development 3: Lake level, beach and dune oscillations. *Journal of Geology*, 66: 473-483.
- SELL, L. L., 1953 - English - portuguese comprehensive technical dictionary. New York.
- SHARP, R. P., 1963: Wind Ripples. *Journal of Geology*, 71, 617-63.
- SILVA, C. G. M., 1995 - Estudo de alternativas de reabilitação para as áreas degradadas pelas minerações de argilas betoníticas de Boa Vista, Campina Grande/PB. Dissertação de Mestrado, USP, 129 p.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M. e AZEVEDO, A. E. G., 1985 - Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Ver. Bras. Geol.* 15(4): 273-286.
- THRUSH, P. W. A., 1968 - Dictionary of mining, mineral and relat terms. Washington, U. S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines.
- VASCONCELOS F. P. & FREIRE, G. S. S., 1985 - Estudo preliminar dos aspectos hidrodinâmicos e sedimentológicos do estuário do Rio Cocó, Estado do Ceará. *Arq. Cien. Mar.*, nº 24, p. 81-87.
- VALCARCEL, R., 1992 - Problemas e estratégias de recuperação de áreas degradadas na Europa. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba. /Anais/. S. I., s. ed., 1992. P. 40-3.
- WILLIAMS, G., 1964 - Some aspects of the eolian saltation load. *Sedimentology*, 3, 257-287.
- ZAMBERLAN, E.; VIANA, R. A., 1985 - Reabilitação de área minerada de xisto. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Coletânea de trabalhos técnicos sobre controle ambiental na mineração. 2ed. Brasília, DNPM.

Bibliografia consultada não citada

- ALLEN, G. P.; SALOMON, J. C.; Bassoullet, P. Y.; PENHOAT, Y., 1980 - Effects of tides on mixing and suspended seiment transport in macrotidal estuaries: *Sedimentary Geology*, 26:69-90.
- ANDRADE, E., 1986 - Geologia sedimentar da costa de Aracati-Icapui (Estado do Ceará - Brasil). Tese de Mestrado, Recife, 127 p.
- ARRUDA, A. T. A., 1985 - Mineração e Meio Ambiente - aspectos técnicos e legais In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Coletânea de trabalhos técnicos sobre controle ambiental na mineração. 2 ed. Brasília, DNPM, p. 13-22.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986 - Norma: Guia para Avaliação dos Efeitos Provocados pelo Uso de Explosivos nas Minerações em Áreas Urbanas. Brasília. ABNT (NBR 9.653).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989 - Norma: Degradação do Solo - Terminologia. Rio de janeiro. ABNT (NBR 10.703).
- BAGNOLD, R. A., 1941 - *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*. Chapman & Hall, London. 265 pp.
- BARRETO, H. T. & MILLMAN, J. D., 1969 - Esboço fisiográfico da margem continental brasileira. In: *Margem Continental Brasileira*, L. C. Toffol. (Ed.). Coletânea de Trabalhos, PETROBRÁS, Rio de Janeiro. Vol. I; 11-30.
- BAUER, A. M., 1989(a) - Uso futuros de áreas mineradas, In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS, São Paulo, 1989. Anais Brasília, DNPM/Pró-Minério, p. 25-30.
- BAUER, A. M., 1989(b) - Mineração planejada e reabilitada de áreas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS, São Paulo, 1989. Anais. Brasília, DNPM/Pró-Minério, p. 51-4.
- BEURLEN, K. O., 1961 - O turoniano marinho do Nordeste do Brasil. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, São Paulo. nº 16 (1), p. 73-79.

- BORBA, R. A. V., 1991 - Planejamento Urbano e Meio Ambiente - Anuais do 3º Encontro Nacional de Estudos Sobre o Meio Ambiente, Londrina - PR.
- BRANDÃO, R. L., 1994 - Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Escala 1:100.000. Texto Explicativo. 27 p. Programa de Gestão e Administração Territorial - GATE / Projeto Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da R. M. F. - SINFOR. CPRM/REFO. Fortaleza.
- BRASIL, 1983 - Ministério das Minas e Energia - Mapa Geológico do Estado do Ceará. Convênio DNPM/CPRM/CEMINAS, Fortaleza, 1983.
- BRASIL, 1987 - Código de Mineração e Legislação Correlativa - MME/DNPM, Brasília, 333p.
- BRASIL, 1987 - Departamento Nacional da Produção Mineral, Coletânea de trabalhos técnicos sobre controle ambiental na mineração. Brasília, 1985, 376 p.
- BRITO NEVES, B. B.; KAWASEITA K. e PESSOA S. A. R., 1975 - A posição estratigráfica do complexo Caico. Simp. Geologia do Nordeste, 7, Fortaleza, p. 289-299.
- CAMPOS, E.; SILVA, A.; MABESSONE, J. M. E. e BEURLIN, K., 1971 - *Estatigrafia do Grupo Barreiras nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco*. Ver. Ass. Geol. Pern., 2: 1-13.
- CARVALHO, A. M. e MAIA, L. P., 1990 - Estudos dos sedimentos cenozóicos da região de Paracuru-CE. Relatório de Graduação, EFC, 86p.
- CEARÁ, 1982 - Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária - SEAFRA. Zoneamento Agrícola. Fortaleza.
- CEARÁ, S.D.U./SEMACE - Meio Ambiente, Legislação Básica, Fortaleza, 1990, 476 p.
- CEARÁ, Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE - A Proteção Ambiental sob a Ótica dos Municípios do Estado do Ceará, Fortaleza, 1993, 402 pp.
- CHEPIL, W. S., 1951 - Properties of soil which influence wind erosion. V. Mechanical stability of surface. Soil Sci. 52, 411-478.
- CONAMA, Secretaria do Meio Ambiente, 1991 - Resoluções CONAMA, 1984/1996, MHUMA/CONAMA/SEMA, 1ª Ed., Brasília.

- COUTINHO, P. N., 1976 - Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe. Tese de Livre Docente UFPE. 112 p. Recife.
- COUTINHO, P. N., 1996 - Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil - Oceanografia Geológica. Programa Revise-SECIRM. 80p.
- DAVIDSON-ARNOTT, R. G. D. and LAW, M. N., 1990 - Seasonal patterns and controls on sediment supply to coastal foredunes, Long Point, Lake Erie. In, Nordstrom, K, F. Psuty, N. P. and Carts, R. W. G. (editors), *Coastal Dunes: Form and Process*, John Wiley and Sons, Chichester: 177-200.
- DEDECEK, R. A., 1992 - A dinâmica dos solos em áreas degradadas, In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba, 1992/Anais/. s. l., s. ed. P. 44-57.
- DIEGUES, A. C., 1989 - Desenvolvimento sustentado, gerenciamento geoambiental e o de recursos naturais. Cadernos FUNDAP, n. 16, p. 33-45, jun.
- DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral, 1983: Mapa geológico do estado do Ceará.
- DOTE SÁ, T., 1995 - Mineração & Meio Ambiente. Notas de aula do Curso Mineração & Meio Ambiente, APGECE, Apost., Fortaleza, 180 p., il.
- EMERY, O. K., 1967 - Estuaries and lagoons in relation to continental shelves. In: Estuaries, vol. 83, p. 9-11.
- ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1985 - Coastal Sedimentary Environments. Florida. Second Revised, Expanded Edition. Edited by Richard A. Davis, Jr.
- FIGUEIREDO, M. A., 1989 - Vegetação. In: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação - SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará - IPLANCE. Atlas do Ceará. P. 24-25. Fortaleza.
- FRANÇA, A. M. C.; COUTINHO, P. N. e SUMMERHAYES, C. P., 1976 - Sedimentos superficiais da margem continental nordeste brasileira. Ver. Bras. Geociências, 6:71-88.
- FREIRE, G. S. S., 1985 - Geologia marinha da plataforma continental do estado do Ceará. Tese de mestrado UFPE. 132p. Recife.

- FREIRE, G. S. S. e MAIA, L. P., 1991 - Regime hidrodinâmico do estuário do rio Pacoti. Rev. Geol., UFCe, 4:29-32.
- FREIRE, G. S. S.; MAIA, L. P. e GOMES, D. F., 1993 - Evidências da variação do nível do mar na plataforma continental do estado do Ceará. In: XV Simp. Geol. Nordeste, Natal.
- FREIRE, G. S. S.; MAIA, L. P.; CAVALCANTI, V. M. M. e FONTELES, M. L., 1993 - Distribuição dos minerais pesados na plataforma continental interna do Estado do Ceará (costa leste). In: XV SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, Natal, SBG-NE 351.
- GOMES, J. R. de C; et alii, 1981 - Geologia "in" Projeto RADAMBRASIL vol, 23, MME/SG, Rio de Janeiro, pp. 27 - 300.
- GRIFFITH, J. J., 1992 - O estado da arte de recuperação de áreas mineradas no Brasil, In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba, /Anais/. S. 1., s. ed., p. 77-82.
- GRIPP, M. F. A. e NONATO, C. A., 1993 - A preservação e recuperação do meio-ambiente no planejamento e projeto de lavra. In: CONGRESSO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE MINAS, 2, São Paulo. Anais. São Paulo EPUSP, 1993. V.1, p. 527-38.
- JORDY FILHO, S.; SALGADO, O. A.; FONZAR, B. C., 1981 - Vegetação. As Regiões Fitoecológicas, Sua Natureza e Seus Recursos Econômicos. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha AS.24-Fortaleza. v. 21, p. 309-360. Rio de Janeiro.
- KOMAR, P. D., 1988 - Environmental controls on litoral sand transport. Proc. 21th Conf. Coastal Eng., ASCE, 1238-1252.
- MABESSONE, Y. M. e CASTRO C., 1975 - Desenvolvimento morfológico do Nordeste brasileiro. Bol. Núcleo do N. E. Soc. Bras. Geol. Vol. 3, p. 5-36.
- MABESSONE, J. M.; SILVA A. C. e BEURLEN K. 1972 - Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Revista Bras. de Geol., vol. 2, p. 173-188.
- MACHADO, P. A. L., 1992 - Direito Ambiental Brasileiro. Malheiros Ed., 4º ed., São Paulo, 606 p.

- MAIA, L. P., 1993 - Controle tectônico e evolução geológica/sedimentar da região da desembocadura do Rio Jaguaribe. Dissertação de Mestrado, UFPE, 144.
- MACHADO, P. A. L., 1992 - Direito ambiental brasileiro. São Paulo, s. ed.
- MASCARENHAS, G. R., 1985 - Controle ambiental da atividade de mineração - algumas técnicas adotadas. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Coletânea de trabalhos técnicos sobre controle ambiental na mineração. 2 ed. Brasília, DNPM, P. 23-39.
- MEIRELES, A. J. A., 1991 - Mapeamento geológico-geomorfológico do quaternário costeiro de Icapui - Extremo leste do estado do Ceará. Dissertação de Mestrado, UFPE, 133.
- MIRANDA, P. de T. de C.; FRANÇA, M. A. M.; COUTINHO, M. L. de O.; BARROS, F. de M.; SOUZA, M. M. A. de, 1994 - Composição Florística e Estrutura dos Bosques de Mangue dos Rios Ceará, Cocó e Pacoti. 48 p. gov. Est. Ceará, S.D.U./SEMACE. Fortaleza.
- MIRANDA, P. de T. de C.; MACIEL, N. C.; OLIVEIRA, A. M. E. de, 1990 - Política Estadual para Preservação de Manguezais e Estuários do Ceará (proposta). 32 p. Gov. Est. Ceará, S.D.U./SEMACE. Fortaleza.
- MORAES, C. A. F., 1992 - Recuperação de áreas degradadas através de incentivo a sucessão natural. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba, /Anais/. s. l., s. ed., 1992. P. 462-3.
- MORAIS, J. O. e SOUZA, J. V., 1971 - Transporte e sedimentação de dunas no Município de Fortaleza (Ceará-Brasil). Est. Sed., Natal, nº 1, p. 73-81.
- MORAIS, J. O. de, 1991 - Geologia no Planejamento Ambiental - Cap. I: Introdução, Definições Básicas e Conceitos Fundamentais. "in" Ver. Geologia Vol. 4 - UFC - Fortaleza, pp. 127 - 154.
- MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S. e MAIA, L. P., 1992 - Frente salina e balanço do movimento do sal no estuário do rio Pacoti-Ceará. Rev. Geol., Ed. UFCE, 4:33-41.
- MORAIS, J. O.; MAIA, L. P.; IRION, G. e WUNDERLICH, G. F., 1993 - The tectonic control of the Jaguaribe river runoff and its seawards approaches, Ceará state, Northeastern Brazil. JOPS-I Workshop, Niterói.

- MORAIS, J. O.; MAIA, L. P. e IRION, G., 1993 - Evolução quaternária da região da desembocadura do Rio Jaguaribe. VII Cong. ABEQUA, São Paulo.
- MORAIS, J. O.; MAIA, L. P. e COUTINHO, P. N., 1994 - Coastal and marine geology in the east littoral of Ceará state, northeast Brasil. 14th Int. Cong. Sedimen., Recife.
- OCCHIMINTT, A. G., 1975 - Sistema de coleta, transporte e deposição final dos esgotos de Fortaleza. Relatório, p. 2.12.
- OLSEN, E. J., 1980 - Beach nourishment project report for Captiva Island, Florida. Tetra Tech. Report, Pasadena, California.
- OTTMANN, F., 1979 - Consequences des aménagements sur le milieu estuarien. J. Rech. Océanogr., vol. IV, n° 2, p. 11-24.
- SANTOS, R. J. R. e NOBREGA, M. T., 1992 - Erosão urbana e recuperação (SUCEAM). In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba, /Anais/. s. l., s. ed., 1992. P. 58-65.
- SAYAO, O. J. e GRAHAM, J. E., 1991 - On the prediction of beach profile. Associate Committee on Shorelines, 5(1): 14-23.
- S.D.U. - Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente/SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente. 1992. Levantamento das Fontes Potencialmente Poluidoras da Região Metropolitana de Fortaleza. programa e Infra-Estrutura Básica. Saneamento de Fortaleza - SANEAR. 48p.
- SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará - IPLANCE. Atlas do Ceará. p. 16-17. Fortaleza.
- SHERMAN, R., 1990 - Aeolian sediment transport theory and measurement. In: Coastal dunes, form and process, 17-33p.
- SICK, H. Ornitologia brasileira: uma introdução. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1985. v. 1, p. 8: A caatinga e suas aves.
- SOUZA, M. J. N. de, 1988 - Contribuição ao Estudo das Unidades Morfoestruturais do Estado do Ceará. In: Revista de Geologia, v. 1, p. 73-91, Edições Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

- SOUZA, M. J. N. de, 1989 - Geomorfologia. In: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação - SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará - IPLANCE. Atlas do Ceará. p. 14-15. Fortaleza.
- SOUZA, M. J. N. de; MARTINS, M. L. R.; GRANGEIRO, C.; SOARES, M. Z., 1994 - Esboço do Zoneamento Geoambiental do Ceará. In: Projeto ÁRIDAS-CEARÁ. Grupo I - Recursos Naturais e Meio Ambiente. v. 2, p. 186 -203. SEPLAN - FUNCEME. Fortaleza.
- SUGUIO, K., 1980 - Rochas Sedimentares. Editora Edgar Blucher. 500p. São Paulo.
- SUGUIO K. e TERSLER M. G., 1984 - Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. Simp. Rest. Bras., Rio de Janeiro, p. 15-25.
- SWAT, D. H., 1975 - Coastal sediment transport. Computation of longshore transport. Delf Hydraulics Lab., Rep. nº R 968, part 1.
- TEIXEIRA, M. L., FONSECA, C. G., 1992 - Recuperação ambiental de dunas litorâneas mineradas para obtenção de ilmenita. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba, /Anais/. s. l., s. ed., 1992. P. 373-9.
- VERÍSSIMO, E. W. e VALCARCEL. R., 1992 - Recuperação de áreas degradadas por mineração de manganês no Morro do Urucum-MS. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba, /Anais/. s. l., s. ed., 1992p. 264-70.
- WILLIAMS, D. D.; BUGIN, A. e REIS, J. L. B., 1990 - Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração: Técnicas de revegetação. IBAMA/MINTER, Brasília, 96 p., il.
- ZURCHER, A. K. e McFARLAND, W. F., 1994 - Method for mining and reclaiming land. U. S. Patent 4, 462, 713. July 31, 1984. Official gazette of the United States Patent Office, v. 1044, n. 5, p. 2001.

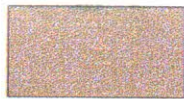
ANEXO I

**MAPA DE ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO COMPLEXO MINERÁRIO
SABIAGUABA/GEREBERABA - ESCALA 1:10.000**

ENA

ndida
ro de
ado.

BSLCM



MANGUE - ZONA FLUVIAL DE INCURSÃO MARINHA



TABULEIROS PRÉ-LITORÂNEOS - ZONA DE MODELADO ESTÁVEL

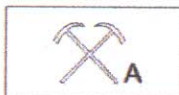


FONÓLITO (MORRO CARARU)

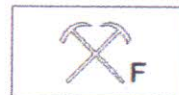
CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

UNIDADES GEOCRONOLÓGICAS		UNIDADES LITO-ESTRATIGRÁFICAS
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	QHa - SEDIMENTOS ALUVIAIS QHm - SEDIMENTOS FLÚVIO-MARINHOS (QHfm) E MARINHOS (QHm-BEACH ROCKS) QHe - SEDIMENTOS EÓLICOS LITORÂNEOS (DUNAS MÓVEIS) QPHe - SEDIMENTOS EÓLICOS LITORÂNEOS (DUNAS FIXAS - PALEODUNAS)
	TERCIÁRIO	TQbi - FORMAÇÃO BARREIRAS Tal - VULCANISMO ALCALINO (MORRO CARARU)

RECURSOS MINERAIS



EXTRAÇÃO DE AREIAS
(I A VII)

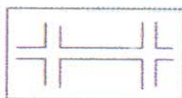


EXTRAÇÃO DE FONÓLITO
(VIII)

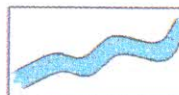


MINA PARALISADA

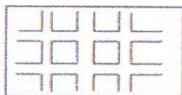
CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS



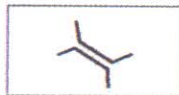
ARRUAMENTO/URBANIZAÇÃO



DRENAGEM



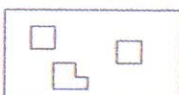
TRAÇADO GEOMÉTRICO
DAS RUAS



PONTE

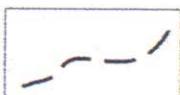


VIAS DE ACESSO

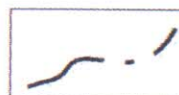


EDIFICAÇÕES

OUTRAS CONVENÇÕES



CONTATO GEOLÓGICO
APROXIMADO



LIMITE DA FAIXA DE PROTEÇÃO
DE 1ª CATEGORIA (ÁREA DE
PRESERVAÇÃO)