



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ANATARINO TORRES DA COSTA



Fortaleza, Ce  
2008

ANATARINO TORRES DA COSTA

**ESTUDO MORFOAMBIENTAL DOS  
RELEVOS VULCÂNICOS DA REGIÃO  
METROPOLITANA DE FORTALEZA, CE.**

Dissertação de Mestrado elaborada junto  
ao Programa de Pós-Graduação em Geografia,  
da Universidade Federal do Ceará, para a  
obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Aprovada em 29/07/2008.

Nota: 10

Orientador: Prof. Dr. Jean Pierre Peulvast  
Co-orientadora : Dra. Vanda Claudino-Sales

**PARTICIPANTES DA BANCA EXAMINADORA**

-----  
Prof. Dr. Jean-Pierre Peulvast (Orientador).  
Universidade Sorbonne – Paris IV

-----  
Profa. Dra. Vanda Claudino-Sales (Co-Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará

-----  
Prof. Dr. Antônio Carlos de Barros Corrêa  
Departamento de Geografia  
Universidade Federal de Pernambuco

-----  
Prof. Dr. Roberto Freitas Mota  
Departamento de Geologia  
Universidade Federal do Ceará

C87e COSTA, Anatarino Torres da  
Estudo morfoambiental dos relevos vulcânicos da região metropolitana de Fortaleza [manuscrito] / Anatarino Torres da Costa  
136 f. : il. color. ; enc.

Orientador: Jean Pierre Peulvast  
Co-orientadora: Vanda Carneiro de Claudino-Sales  
Área de concentração: Geomorfologia  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008

1. Vulcanismo terciário - Nordeste 2. Formação Messejana  
3. Planejamento ambiental 4. Gestão ambiental I. Claudino-Sales, Vanda Carneiro de (orient.) II. Universidade Federal do Ceará – Mestrado em Geografia III. Título

CDD 910



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço não somente este, mas como todos os momentos da minha vida, ao meu melhor amigo JESUS CRISTO e ao nosso supremo, DEUS.

Aos meus preciosos familiares. Meus queridos pais, Ivonete Torres da Costa e Francisco Célio Pereira da Costa (In memoriam) e aos meus maravilhosos irmãos, Anatalício Torres da Costa e Marilene Olindina dos Santos. A minha irmã Ana Carine Torres da Costa e o seu esposo Francisco Ivanildo, por me acolher em sua residência e me dar de presente a minha linda sobrinha Nicole em 16 de Janeiro de 2008.

Ao Orientador Dr. Jean Pierre Peulvast e a Co-Orientadora Vanda Carneiro de Claudino-Sales, pelas correções, sugestões e norteamentos dos meus trabalhos.

Aos professores Antônio Carlos de Barros Corrêa e Roberto Freitas Mota por disponibilizarem seus preciosos tempos e pelas excelentes sugestões e acompanhamento desde o período de qualificação deste trabalho.

A Todos os professores e funcionários do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará que no decorrer desta caminhada, de forma direta ou indiretamente contribuíram muito para meu crescimento pessoal e profissional.

A todos os laboratórios do departamento de Geografia pela atenção e atendimento sempre que foram solicitados por mim.

Aos amigos que a vida acadêmica nos presenteou como o Elger de Oliveira, Marcelo Martins, Mônica Virna, Marcelo Moura, Edilano, Diogo Duarte, Weslei Rocha, Flaviana, Bárbara Kelly, Katiane Maciel, Lourdes Carvalho, Gessivaldo Costa, Ana Maria Ferreira, entre tantos outros. São eles que nos acolhem nos momentos difíceis e compartilham de nossas alegrias.

Ao Laboratório de Geomorfologia ambiental, Costeira e Continental (LAGECO) em especial, a Professora Vanda Claudino-Sales por ter dado a mim a oportunidade, ter sempre acreditado em meu potencial e pela disponibilidade de tempo e paciência durante as orientações desde a graduação.

A todos os colegas que fizeram parte deste laboratório desde o período de graduação. Neste ambiente de pesquisa e amizade acabamos formando uma espécie de segunda família, muitos dias acabamos passando mais tempo aqui do que propriamente em nossa residência.

A gentileza de Paulo Thiers, coordenador do Laboratório de Cartografia Digital e de seus monitores Francisco Mendes (Chicão) e Wallace Lopes, que pacientemente me acolheram durante a realização da etapa de mapeamento, muito importante em nosso trabalho.

Ao Programa de pós-graduação em Geografia e a Universidade Federal do Ceará, importante instituição pública de ensino superior no Brasil, por todos os momentos inesquecíveis de pura felicidade em minha vida.

A FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico), através da concessão de bolsas como incentivo e fundamental apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que generosamente de alguma forma direta ou indiretamente me ajudaram nesta empreitada e foram essenciais para a realização deste momento maravilhoso em minha vida.

## RESUMO

A Região Metropolitana de Fortaleza, no Estado do Ceará é composta por uma diversificada paisagem geomorfológica, estruturada e modificada ao longo de milhões de anos durante a era geológica. Entre as diversas morfologias, as formas originadas a partir do último evento vulcânico ocorrido no Nordeste brasileiro há 30 milhões merecem total apreço devido sua singularidade morfogenética. Tais relevos tiveram suas gêneses ligadas a partir da ação de um hot spot que ocorreu nesta área e juntos recebem o nome de Formação Messejana. Esta formação compõe-se de uma dezena de pequenos relevos que se dispõem em setores da margem continental ao longo da região metropolitana de Fortaleza. Dentre estes estão os relevos vulcânicos do Caruru, do Ancuri e Pão-de-açúcar. Esta pesquisa tem como objetivo: estabelecer a origem, estruturação, caracterização morfológica e ambiental destes relevos, assim como, definir as etapas da evolução geomorfológica da paisagem local. Para compreender tais objetivos buscamos se aprofundar na bibliografia sobre o assunto, interpretação de material cartográfico de diversas escalas, dados físicos-ambientais com apoio de ferramentas de geoprocessamento e visitas a órgãos públicos e a campo. Como resultados podemos concluir que os três relevos da Formação Messejana analisados neste trabalho apresentam-se em formas de Necks arredondados (Caruru e Pão-de-Açúcar) e elipsoidal (Ancuri) e são compostos por rochas alcalinas. Tais relevos se caracterizam por apresentarem extensões e altitudes bem diferentes, vertentes íngremes, solos poucos desenvolvidos e vegetação de pequeno porte. Por fim, o Caruru, apresenta-se parcialmente destruído devido à extração das rochas para a construção civil, enquanto que no Ancuri esta atividade cessou há aproximadamente sete anos.

**Palavras- Chave:** Vulcanismo Terciário no Nordeste, Relevos vulcânicos, Formação Messejana, Planejamento e Gestão Ambiental.

## ABSTRACT

The Metropolitan Area of Fortaleza, capital of the Ceará State, North-east Brazil, is composed by a diversified geomorphologic landscape, which has been structured and modified during geological times. Among this diversity, there are forms originated by the last volcanic event occurred in the Brazilian northeast, 30 millions ago, which create a very singular local morphology. Such prominences were probably originated by the action of a 'hot spot'. The magma extrusion resulting of this action created a geological domain named « Formation Messejana ». This formation is composed by a set of ten volcanic reliefs, as small prominences disposed in many sectors of the city of Fortaleza coastal area and adjacencies. Among these prominences are the Caruru, Ancuri and Pão de Açucar hills. The present research has as objective to establish the origin, the processes of morphological structuration, the morphological characterization and the environmental situation of these volcanic prominences, as well as define the phases of morphological evolution of the local landscape. For this purpose, the following stages have been developed: bibliographical research about the matter, interpretation of cartographical data, with the use of diverse scales and thematic maps and cartographical geoprocessing techniques, and field work. As results, we are able to conclude that the three prominences of the Formation Messejana analyzed in this work present form of dome-like necks (Caruru and Pão de Açucar) and ellipsoidal form (Ancuri), being composed by alkaline rocks. Such prominences are characterized for presenting different extensions and altitudes, steep slopes, poorly developed soils and sparse vegetation cover. In the present moment, the Caruru hill is a place of mining activity, being partially destroyed due to the extraction of the rocks for the civil construction. This situation creates environmental problems, which may be extended to other volcanic hills, fact that put in danger of eradication these singular elements of the Ceará geomorphic landscape.

**Keywords:** Volcanism in Northeast Brazil, volcanic morphology, Messejana Formation, Planning and Environmental Management.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

**Figura 1**-Região Metropolitana de Fortaleza, com destaque para os municípios e a localização de cada relevo analisado neste trabalho.....25

**Figura 1.1**- Esboço Geológico da RMF. Fonte: Projeto SINFOR, CPRM, 1995.....28

**Figura 1.2**- Esboço Geomorfológico da RMF. Fonte: Projeto SINFOR, CPRM, 1995.....32

### CAPÍTULO 4

**Figura 2**- Principais placas tectônicas da terra.....52

**Figura 2.1**-Modelo ilustrativo de armazenamento de água subterrânea nas geogratas oriundas do magmatismo Terciário na região de Fortaleza.....55

**Figura 2.2**- Visão do Pico Cabugí (um dos mais representativos corpos ígneos da Formação Macau). Foto: Peulvast, 2007.....58

**Figura 2.3**- Desenho esquemático mostrando as formas de ocorrências de rochas magmáticas. Fonte: Decifrando a terra, 2003.....60

**Figura 2.4**- Exemplos de composição média de rochas ígneas consolidadas a partir de magmas graníticos, andesitos e basálticos (valores em % em peso). Fonte: Decifrando a terra, 2003.....61

**Figura 2.5**- Foto ilustrativa destacando a morfologia de um vulcão. Foto do Kilauea, no havaí. Fonte: www. Wikipédia. com.br.....62

**Figura 2.6**- Região oceânica adjacente ao Nordeste Brasileiro. Observa-se o arquipélago de São Paulo na zona de fratura São Paulo e o possível alinhamento da zona de fratura entre Fernando de Noronha e Formação Messejana. 1-Limite de zonas de fratura; 2-Rochas magmáticas. Fonte: Almeida, (2006).....64

**Figura 2.7**- Localização das principais ilhas vulcânicas e arquipélagos oceânicos brasileiros e distância das capitais mais próximas. Fonte: Almeida, 2006.....65

**Figura 2.8**- Diagrama ilustrativo da estrutura interna da terra mostrando o possível local de origem do magmatismo que originou os relevos da Formação Messejana.....67

**Figura 2.9**- Disposição Geográfica dos relevos vulcânicos da Região Metropolitana de Fortaleza. Bétard et al. et, 2004.....72

**Figura 2.10** - Visão Comparativa da morfologia entre relevos vulcânicos da Formação Messejana  
Fotos: Costa, 2007.....74

**Figura 2.11**- Ilustração mostrando a evolução dos processos erosivos até a exposição das rochas consolidadas dentro de antigos condutos vulcânicos. Costa, 2008.....76

**Figura 2.12**- Modelo ilustrativo da evolução da área onde se insere o relevo vulcânico do Caruru.  
Costa, 2008.....77

## CAPÍTULO 5

**Figura 3-** Mapa das principais vias de acesso ao Serrote Caruru. Fonte: Google Maps, adaptado por Costa, 2008.....81

**Figura 3.1-** Mapa morfoestrutural do local onde se localiza o serrote Caruru. Fonte: CPRM, 2003. Adaptado por Costa, 2007.....83

**Figura 3.2-** Visão em 3D da geomorfologia da área do Caruru. Fonte: Global Mapper, 2008.....84

**Figura 3.3-** Esquema de formação de um domo vulcânico a esquerda e Perfil morfológico SE-NE do Caruru construído a partir do programa Global Mapper. Costa, 2008.....85

**Figura 3.4-** Blocos arredondados de fonólito semi-coberto por uma capa de solo oxidado. Foto: Costa, 2007.....85

**Figura 3.5-** Visão do topo do Caruru e os depósitos Barreiras ao sudoeste da área. Foto: Peulvast, 2003.....86

**Figura 3.6-** Mostrando a presença de sedimentos eólicos acumulados na bases do relevo. Foto: Costa, 2006.....87

**Figura 3.7-** Mapa Morfológico e ambiental do extremo Leste de Fortaleza. Costa, 2008.....88

**Figura 3.8-** Fina camada de solo na vertente do Caruru de cor vermelho-amarelado em contato direto com a rocha em processo de decomposição. Foto: Costa, 2006.....89

**Figura 3.9-** Visão do mangue e estuário do Rio Pacoti. Fotos: Costa, 2007.....90

**Figura 3.10-** Cordão de Dunas fixas com exuberante vegetação na parte leste do estuário do rio Pacoti, e ainda, uma pequena parte móvel. Foto: Costa, 2007.....91

**Figura 3.11-** Presença de Duna móvel a leste do Caruru, próximo ao mangue do Pacoti. Foto: Costa, 2007.....92

- Figura 3.12-** Mapa de localização e principais vias de acesso ao serrote Ancuri. Fonte: Google maps, adaptado por Costa, 2008.....93
- Figura 3.13-** Visão em 3D da área geomorfológica nas proximidades do Ancuri. Fonte: Global Mapper, 2008.....94
- Figura 3.14-** Figura 3.14– Perfil esquemático do Ancuri de direção N-S a partir do Global Mapper versão 2007, mostrando a morfologia de seu topo e as características de suas vertentes. ....95
- Figura 3.15-** Mapa morfoestrutural do local do ambiente de inserção do serrote Ancuri. Fonte: CPRM, 2003. Adaptado por Costa, 2007.....96
- Figura 3.16-** Figura 3.16-Mapa de localização e principais vias de acesso ao Serrote Pão-de-açúcar. Fonte: Google maps, adaptado por Costa, 2007.....97
- Figura 3.17-** Figura 3.17- Visão N do Pão-de-açúcar com suas características morfológicas, ao lado, blocos de matacão na base da vertente do corpo. Foto: Costa, 2007.....99
- Figura 3.18-** Mapa morfoestrutural do local do ambiente de inserção do serrote Pão-de-açúcar. Fonte: CPRM, 2003. Adaptado por Costa, 2007.....100
- Figura 3.19-** Visão aérea geral do serrote Pão-de-açúcar. Observar a presença de água e vegetação verde. Foto: Peulvast, maio de 2007.....101

## CAPÍTULO 6

- Figura 4-** Distritos mineiros do Ceara. Fonte DNPM\10° DS-CE, 2000.....105
- Figura 4.1-** Areia explorada tanto para a construção civil como para revestimentos de quadra de tênis na qualidade de saibro. Foto: Costa, 2006.....108
- Figura 4.2-** Paredão na parte oeste do caruru com aproximadamente 70 m de altura, resultado de quatro décadas de exploração. Foto: Costa, 2006.....109
- Figura 4.3-** Imagens de satélites em diferentes épocas. A esquerda imagem de 10 anos atrás e a direita imagem atual. Como se percebe, na última década houve um aumento considerável na ocupação nas mediações do caruru.....110
- Figura 4.4-** Mostrando a localização da estação de tratamento do sistema do canal Pacoti-Riachão-Gavião, localizada sobre o Ancuri. Fonte: Google Eart, 2007.....111
- Figura 4.5-** Exploração mineral atualmente extinta na parte sul do Relevo do Ancuri. Foto: Costa, 2007.....112

## LISTA DE QUADROS

### CAPÍTULO 2

**Quadro 1**-Coluna estratigráfica da era Cenozóica na RMF de Fortaleza: Fonte: Projeto SINFOR, CPRM, 1995.....29

**Quadro 1.1**-Médias históricas mensais e anuais de temperatura, pressão atmosférica, nebulosidade, umidade relativa, velocidade do vento e totais mensais e anuais de precipitação, evaporação e insolação para Fortaleza, 1966-2000. Fonte: Aguiar et al. (2001).....35

**Quadro 1.2**- Resumo das Classes de solos, unidades geomorfológicas e feições morfológicas da grande Fortaleza. Fonte: Santos e Souza, adaptado por Costa, 2007.....36

**Quadro 1.3**-Resumo das unidades fitoecológica, associadas às classes de solos e unidades geomorfológicas da grande Fortaleza. Fonte: Santos e Souza, adaptado por Costa, 2007.....38

### CAPÍTULO 4

**Quadro 2**.- Resultado das análises químicas em amostras de alguns fonólitos e traquitos dos relevos vulcânicos da RMF feitos por Guimarães et. Al. (1982) no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo. Segundo Mota (1998), os valores de Na<sub>2</sub>O de até 11, 42%, sendo que em todas as amostras o valor de Na<sub>2</sub>O é maior do que o de K<sub>2</sub>O indica um alto enriquecimento em álcalis.....70

### CAPÍTULO 5

**Quadro 3**- Mostrando análises químicas tanto do Caruru como de Fernando de Noronha, através do método K Ar realizadas na Universidade de São Paulo. FONTE: Vandomos e Oliveira, (1968). 1—Fonólito de Messejana. 2—Média de 5 análises de fonólito de Fernando de Noronha.....82

**Quadro 3.1**- Resultado da análise química em amostras do fonólito do relevo vulcânico Caruru feitas por Guimarães et al. (1982) no laboratório da Geosol, em Belo Horizonte-MG.....83

**Quadro 3.2**- Resultado da análise química em amostras do fonólitos do relevo vulcânico Ancuri feitos por Guimarães et. al. (1982) no laboratório da GEOSOL, em Belo Horizonte-MG. Fonte: Guimarães et al. (1982).....93

**Quadro 3.3-** Resultado da análise química em amostras de rocha do relevo vulcânico Pão-de-Açúcar feitos por Guimarães et al. (1982) no laboratório da GEOSOL, em Belo Horizonte-MG.....98

## **CAPÍTULO 6**

**Quadro 4-**Situação dos títulos mineiros por substancia. Fonte: DNPM\10° DS-CE, 2000.....105

**Quadro 4.1-** Reservas de granito e fonólito para a RMF. Fonte: DNPM/10° DS-CE, 2000.....114

Total de quadros: 11

## LISTA DE ABREVIATURAS

APA--Área de Proteção Ambiental

CAGECE--Companhia de Água e Esgoto do Ceará

CPRM--Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

D.O.U--Diário Oficial da União

DNPM--Departamento Nacional para a Produção Mineral

EIA-RIMA--Estudos de Impacto Ambiental—Relatório de Impacto do Meio-ambiente

FUNCAP--Fundação Cearense de apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FUNCEME--Fundação Cearense de Meteorologia

GPS-- Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE--Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAGECO--Laboratório de Geomorfologia Ambiental, Costeira e Continental-UFC

RMF--Região Metropolitana de Fortaleza

SEMACE--Superintendência Estadual do Meio-ambiente

SIG—Sistema de Informações Geográficas

UFC--Universidade Federal do Ceará

ZCIT--Zona de Convergência Intertropical

ZEE--Zoneamento Ecológico e Econômico

*“Sua força de vontade é  
Que indica o tamanho do  
Seu sucesso”*

Autor: Desconhecido

<b>SUMÁRIO</b>	
<b>AGRADECIMENTOS</b>	
<b>RESUMO</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	
<b>LISTA DE QUADROS</b>	
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	
<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>18</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.</b>	<b>19</b>
<b>2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.</b>	
2.1. <b>Localização geográfica</b>	<b>25</b>
2.2. <b>Aspectos naturais e sistemas ambientais</b>	<b>26</b>
2.2.1. Geologia regional e local	<b>26</b>
2.2.2. Geomorfologia regional e local	<b>29</b>
2.2.3. Condicionantes climáticos	<b>33</b>
2.2.4. Solos	<b>35</b>
2.2.5. Cobertura vegetal	<b>37</b>
2.2.6. Recursos hídricos	<b>39</b>
<b>3. METODOLOGIA DE PESQUISA.</b>	
3.1. <b>Uniformitarismo: “A busca pela história evolutiva natural da terra”</b>	<b>42</b>
3.2. <b>A análise ambiental</b>	<b>44</b>
3.3. <b>Técnicas de Trabalho</b>	<b>47</b>
3.3.1. Etapa de gabinete	<b>47</b>
3.3.2. Etapa de laboratório	<b>48</b>
3.3.3. Etapa de campo	<b>48</b>
<b>4. ANÁLISE LITOLÓGICA, MORFO-ESTRUTURAL E ESPACIAL DOS RELEVOS VULCÂNICOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA.</b>	
4.1. <b>Tectônica de placas</b>	<b>51</b>
4.2. <b>A separação entre Brasil e África e vulcanismo associado</b>	<b>52</b>
4.3. <b>Vulcanismo alcalino Terciário no Ne brasileiro</b>	<b>56</b>
4.4. <b>Os relevos vulcânicos da RMF: a Formação Messejana</b>	<b>59</b>
4.4.1. Gênese: vulcanismo central ( <i>hot spot</i> ) ou vulcanismo fissural?	<b>59</b>
4.4.2. Petrologia, geoquímica das Rochas e semelhanças com Fernando de Noronha	<b>68</b>
4.4.3. Distribuição geográfica e morfologia dos Relevos	<b>71</b>
4.4.4. A Erosão ao Longo do Terciário	<b>74</b>
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DOS RELEVOS CARURU, ANCURI E PÃO-DE- AÇUCAR</b>	
5.1. <b>Serrote do Caruru</b>	<b>81</b>
5.1.1. Petrologia local	<b>81</b>
5.2. <b>Análise geomorfológica</b>	<b>83</b>

5.2.1. O contato com depósitos Tercio-quaternários: Formação Barreiras e dunas	<b>86</b>
5.2.2. Análise geoambiental	<b>87</b>
<b>5.3. Serrote do Ancuri</b>	<b>92</b>
5.3.1. Petrologia Local	<b>92</b>
5.3.2. Análise geomorfológica	<b>94</b>
5.3.3. O Contato com depósitos Quaternários	<b>96</b>
<b>5.4. O serrote Pão-de-açúcar</b>	<b>97</b>
5.4.1. Petrologia Local	<b>97</b>
5.4.2. Análise geomorfológica e características ambientais	<b>98</b>
<b>6. EXPLORAÇÃO MINERAL DE RELEVOS VULCÂNICOS DA RMF.</b>	
6.1. A Exploração mineral na RMF	<b>103</b>
6.2. Exploração mineral dos relevos vulcânicos	<b>107</b>
6.2.1. A Produção de Brita	<b>113</b>
6.2.2. A Produção de Cimento	<b>114</b>
6.2.3. A Produção de Rochas Ornamentais	<b>115</b>
<b>7. CONCLUSÕES</b>	<b>116</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>122</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>133</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>∪ Mini-dicionário de termos Geológicos-Mineralógicos usados na dissertação.</li> <li>∪ Tabela Geocronológica da sociedade Geológica da França, que serviu de apoio para citação das idades dos eventos usados no trabalho.</li> </ul>	

## **APRESENTAÇÃO**

Nossa dissertação de mestrado, intitulada “Estudo morfoambiental dos relevos vulcânicos da Região Metropolitana de Fortaleza-Ce”, iniciada no segundo semestre de 2006, foi desenvolvida em um período de dois anos de duração. Executada no programa de Mestrado do Departamento de Geografia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, esta dissertação conta com a importante orientação do Dr. Jean Pierre Peulvast, da Universidade de Paris-Sorbonne IV e professor convidado do Mestrado em Geografia da Universidade Federal do Ceará, e do fundamental apoio, como co-orientação, da Dra. Vanda Carneiro de Claudino-Sales. Contamos ainda, com o necessário amparo financeiro da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), através da concessão de bolsas.

O trabalho foi medrado parcialmente nos Laboratórios de Geomorfologia Ambiental, Costeira e Continental (LAGECO) e Cartografia Digital do Departamento de Geografia da UFC. Para a execução, contamos essencialmente com uma complementação teórica fornecida pelas disciplinas que foram ofertadas pelo Mestrado durante o primeiro ano, sobretudo no primeiro semestre. No segundo ano, procedemos aos trabalhos de campo e atividades práticas. O resultado é o trabalho que ora apresentamos, o qual temos a expectativa de contribuir para a melhoria do conhecimento da paisagem natural e do meio ambiente na Região Metropolitana de Fortaleza.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da história, sempre foi da curiosidade humana tentar entender os processos e fenômenos que ocorrem na superfície terrestre, pois a combinação desses processos influenciava diretamente os modos de vida. Na antiguidade, alguns filósofos se destacaram nessa odisséia. Heródoto e Estrabão foram talvez os mais representativos deles, ao estudarem, principalmente, as desembocaduras dos cursos fluviais e os fenômenos vulcânicos.

Na idade média, precisamente no período renascentista (séculos XV e XVI), alguns pensadores, segundo Christofolleti (1980), chegaram a compreender a influência dos processos subaéreos, sobretudo o fluvial na esculturação das paisagens, tais como Leonardo da Vinci (1452-1519) e Bernard Palissy (1510-1590). Todavia, tanto na antiguidade como na idade moderna as interpretações estavam sempre apoiadas nas concepções religiosas vigentes nas épocas, baseando-se sempre no credo divino da criação e evolução do mundo.

No decorrer cronológico da história da humanidade, letrados e estudiosos foram se sucedendo nas explicações sobre os fenômenos naturais. Entretanto, foi apenas no final do século XVIII que culminou a mais científica e racional das análises a respeito da evolução natural da terra. James Hutton (1726-1797) oriundo de Edimburgo, na Escócia, expôs a longa *Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations*, na qual defendeu a idéia da constância das forças naturais através de longo tempo geológico, opondo-se aos seus contemporâneos, os quais geralmente admitiam que mudanças na terra seriam causadas por eventos catastróficos (BLOOM, 1996). Este pensamento de Hutton é o princípio ou doutrina do Uniformitarismo no qual a frase “o presente é a chave do passado” resume bem o pensamento.

Cabe salientar que, mesmo de fundamental importância, as idéias de Hutton escritas em textos confusos e com algumas ressalvas, passariam despercebidas se os seus críticos e amigos não tivessem colaborado para o aperfeiçoamento e divulgação de sua teoria. Entre os mais importantes estão Charles Lyell e Jonh Playfair (CHRISTOFOLLETI, 1980).

Passado esta primeira etapa mais filosófica, outros grandes estudiosos surgiram e, com eles, cada vez mais o aperfeiçoamento dos estudos das formas de relevo da terra. Bloom (1996) comenta que Willian Morris Davis (1850-1934) se configura como o mais importante deles. Reconhecido mestre da Geomorfologia, desenvolveu a técnica da “descrição explanatória” das paisagens. Seu princípio era de que a descrição estaria completa se alguém pudesse descrever

a história da evolução de uma paisagem em termos de três fatores: estrutura, processo e tempo. Os conceitos de Davis estão ultrapassados, mas mesmo assim, hoje se considera que estes três fatores são intrinsecamente relacionados ao desenvolvimento das paisagens geomorfológicas da terra.

Com as técnicas desenvolvidas após os anos quarenta do século XX, devido às necessidades militares demandadas pela segunda guerra mundial e no pós-guerra, outras descobertas vieram à tona. Contudo, a mais importante delas para as Geociências se configura no ressurgimento da teoria da deriva continental, em razão de descobertas feitas pelos equipamentos sonares que permitiram traçar mapas detalhados do relevo do fundo oceânico, muito diferente da monotonia do que se imaginava na época (TASSINARI, 2003).

Segundo o mesmo autor, a partir de então outras expedições se realizaram a fim de compreender o relevo oceânico, culminando mais tarde em subsídios a favor do conceito da expansão do assoalho oceânico postulada pelo pesquisador Harry Hess da Universidade de Princeton (EUA), nasce, assim, a tectônica de placas.

Assim, o tempo passa, a sociedade evolui e a ciência ressurgiu com novas explicações para fatos antigos, novas descobertas, novas teorias, numa dinamicidade cada vez maior e mais eficiente.

Entre os fenômenos naturais estudados pelas Geociências estão os processos vulcânicos. Tais processos colocam-se entre os que mais despertaram e despertam a curiosidade humana durante a história, na perspectiva do mecanismo de gênese e evolução de suas atividades.

Os vulcões são considerados fontes de observação científica das entranhas da terra, e nos fornecem novos conhecimentos, onde recursos geotermiais de interesse para a humanidade podem se localizar. A importância do vulcanismo é notória, através da influência que exerce no nosso ecossistema, em que 25% do O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, C, Cl, e N<sub>2</sub> hoje presentes na biosfera têm esta origem (TEIXEIRA, 2003). Tais atividades ocorreram no Brasil, inclusive no Ceará, durante a história geológica.

Todavia, mesmo com toda esta importância para o ecossistema, entre os grandes perigos ambientais naturais para a comunidade biótica, em geral, as erupções vulcânicas são as que causaram, ao longo da história, grande número de desastres, com várias vítimas humanas,

com danos e prejuízos materiais muito elevados. A ameaça é particularmente grande nas cidades próximas de vulcões que entram em erupção (BONITO, 2005).

O Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, compreende uma área de aproximadamente 147 mil Km<sup>2</sup>, apresentando um quadro geomorfológico com grande diversidade de paisagens, as quais se estruturaram ao longo do tempo devido a movimentos tectônicos, mudanças climáticas e fluxos de matéria e energia (CLAUDINO-SALES, 2005) e, mais recentemente, também a fatores associados ao uso e ocupação do solo.

Alguns eventos morfotectônicos do Ceará são de escala local, enquanto outros, de escala regional, como por exemplo, os relevos oriundos de processos vulcânicos. Alguns desses eventos morfotectônicos já são relativamente estudados no meio científico, enquanto outros ainda carecem de uma atenção e interesses maiores.

O fenômeno vulcanismo para Szabó et al. (2003), é o resultado da ascensão do magma à superfície terrestre. É um dos mais complexos e desconhecidos na sua totalidade, no tocante a seus mecanismos de gênese e evolução, entre todos os fenômenos naturais. O material originado por esse processo, de maneira geral, se dá de três formas: gasosa, líquida e sólida, e suas características dependerão essencialmente da composição original do magma, e das condições de temperatura e pressão (BOILLOT, 1990).

Bonito (2005), explicando o mecanismo de erupção vulcânica, menciona que o magma fluido, antes de ascender pelos canais de emissão, tem em dissolução um conjunto de gases e de produtos voláteis (como por exemplo, água, dióxido de carbono, ácido clorídrico, sulfureto de oxigênio, monóxido de carbono, monóxido e dióxido de enxofre e hidrogênio) devido às altas pressões do interior da terra. No processo de erupção, na medida em que o magma se aproxima da superfície diminui a pressão, com liberação dos gases, processo que facilita a ascensão do magma.

No Brasil atualmente não ocorre atividade desta natureza, pois as maiores partes das atividades sísmicas e vulcânicas do nosso planeta estão concentradas e ocorrem ao longo dos limites de placas tectônicas. Esses são os locais onde as placas interagem entre si, provocando a formação de terremotos e vulcões. Geologicamente, o Brasil está localizado no centro de uma grande placa tectônica, a Placa Sul-americana, portanto, afastado dos limites ativos. Porém, nem sempre foi assim, em períodos anteriores da história geológica, importantes eventos ígneos ocorreram de forma intensa em várias regiões brasileiras. Braun (2005) relata que episódios

vulcânicos estão bem representados no escudo brasileiro desde o Arqueano até o Cenozóico, sendo a seqüência de episódios mais bem estudados, sem dúvida a de idade Meso-cenozóica.

Uma das regiões influenciadas por eventos desse tipo durante a era Mesozóica (250-65 Milhões de anos-Ma) foi o Nordeste Brasileiro, que passou por tais processos notadamente na sua porção oriental. As atividades magmáticas ocorreram do Jurássico inferior (203-175 Ma) ao Cretáceo inferior (135-96 Ma) (MARTINS e OLIVEIRA, 1992).

Posteriormente, ocorreram seqüências de deformações tectônicas cretáceas que resultaram na abertura dos continentes africano e sul-americano, e na formação da margem continental do Nordeste brasileiro associado, conseqüentemente, a geração e evolução do assoalho oceânico conforme (MATOS, 2000).

Essas manifestações se deram através de fenômenos magmáticos intrusivos (internos) e efusivos (externos) que deram origem a diversos tipos litológicos (ALMEIDA et al., 1988). A seqüência de evolução termotectônica da margem continental do Nordeste e do Estado do Ceará se deu por volta de 30 milhões de anos (Ma), na época do Oligoceno no período Terciário, e foram responsáveis por pequenas atividades vulcânicas que atingiram setores continentais de outros Estados como do Rio Grande do Norte e da Paraíba.

No Ceará, as fácies vulcânicas originadas deste período receberam a denominação geológica de Formação Messejana. Sua primeira referência data da década de 1950, feita pelo geólogo e pesquisador Fernando Flávio Marques de Almeida, ao associar um dos relevos desta formação como fazendo parte da zona de fraturas da cadeia vulcânica do arquipélago Fernando de Noronha. Mesmo sendo formas de relevos susceptíveis aos ataques dos modeladores externos, por ter sua gênese ligada a processos que ocorrem na superfície da terra e há pelo menos 30 milhões de anos passarem por diversos tipos de intemperismo e processos erosivos, as estruturas resultantes persistem na paisagem natural.

Estes relevos na sua grande maioria são formados por serrotes de variados tamanhos e cristas de pequeno porte a partir de estruturas discordantes como necks e diques, respectivamente. Tais formas localizam-se em alguns dos municípios da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), sendo as rochas dominantes de natureza alcalina, principalmente fonólitos e traquitos, além de piroclastos que se observam em alguns locais. Os relevos dispersam-se até cerca de 75 quilômetros a sul e a sudoeste desta capital.

Alguns deles, especialmente os necks, apresentam morfologia peculiar e se destacam na paisagem aplainada da grande Fortaleza. Aqui, nos propomos analisar e fazer estudos mais direcionados a respeito da evolução morfogenética e ambiental destes relevos, sendo especialmente dirigido de forma enfática e prioritária para os necks vulcânicos do Caruru, Ancuri e Pão-de-açúcar.

A proposição desta dissertação, nasce, então, da necessidade de informações atualizadas do quadro físico-ambiental dos relevos vulcânicos da Região Metropolitana de Fortaleza, analisados sob o enfoque do princípio do Uniformitarismo e da análise ambiental, para o planejamento e gestão do território e, conseqüentemente, dos relevos vulcânicos, utilizando uma vasta revisão bibliográfica, visitas a campo e ferramentas dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Neste sentido, a pertinência desse trabalho resulta da particularidade dos relevos vulcânicos como fenômeno natural, trazendo informações importantes relacionadas à evolução estrutural local e regional no Nordeste brasileiro, somados ao uso e exploração que atualmente acontecem nestas formas estruturais. Nesta lógica, o principal objetivo é compreender a evolução natural, morfológica e socioambiental dos relevos vulcânicos da RMF, na perspectiva de que venha servir de base para uma melhor divulgação do conhecimento científico e melhor proteção deste tipo de relevo em nosso Estado.

# CAPÍTULO 2: CAPÍTULO 2:

## **CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO**

## 2.1) LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

Os compartimentos de relevos da Formação Messejana distribuem-se ao longo da Região Metropolitana de Fortaleza. Dentre eles, as três formas escolhidas para análise detalhada no nosso trabalho situam-se nos municípios de Eusébio (Caruru), Fortaleza (Ancuri) e Caucaia (Pão-de-açúcar), como mostra a figura 1.

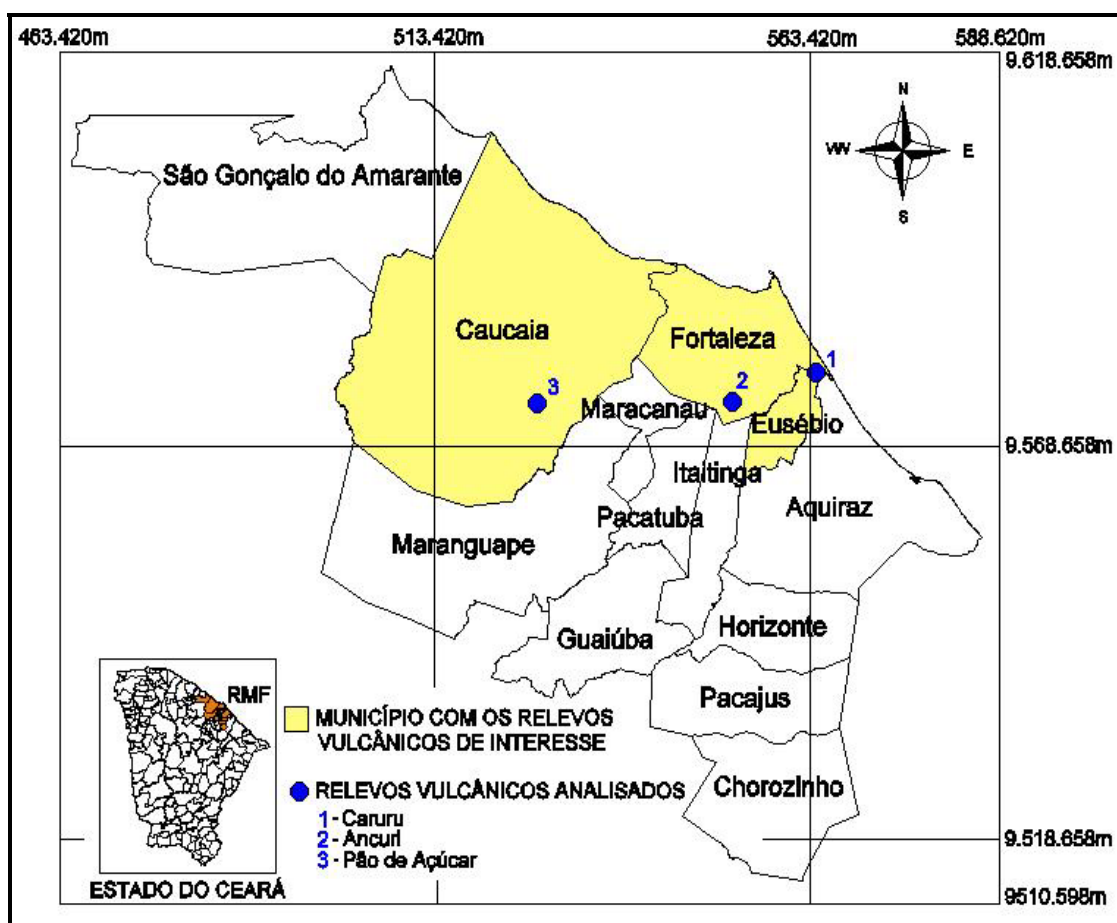


FIGURA- 1 Região Metropolitana de Fortaleza, com destaque para os municípios e a localização de cada forma de relevo analisado neste trabalho. Costa, 2008.

## **2.2) ASPECTOS NATURAIS E SISTEMAS AMBIENTAIS**

### **2.2.1) Geologia Regional e Local**

Geologicamente a região Nordeste, especialmente a compreendida a leste da bacia do Parnaíba e a norte do cratón de São Francisco, é quase toda constituída de rochas pré-cambrianas de evolução policíclica (desenvolvimento cíclico de alternantes episódios geológicos). Nela, o evento Brasileiro (800-550 Ma) foi muito importante, caracterizado por dobramentos, metamorfismo regional, abundante formação de rochas granitóides e desenvolvimento de um complexo sistema de falhas predominantemente orientadas a E-W e NE (ALMEIDA, 1986).

Saadi e Torquato (1992), fazendo a interpretação da dinâmica morfoestrutural da Província Borborema segundo a definição de algumas linhas de trabalhos que têm sido utilizadas por um grande conjunto de autores, independente de acordos ou divergências entres eles, destacam os seguintes pontos: a ocorrência de importantes arqueamentos crustais; a ocorrência de significativas mudanças climáticas; o papel das estruturas tectônicas herdadas no controle da morfologia, e a existência de vários níveis de aplainamento e de depósitos correlativos, do qual resulta o balizamento cronológico do Grupo Barreiras.

Pertinente à geologia do Estado do Ceará, esta se caracteriza, em sua maior extensão, segundo Saadi e Torquato (1992), por um maciço cristalino constituído por um complexo ígneo-metamórfico pré-cambriano formado por dobramentos relacionados com a orogênese Transamazônica e Atlântida, associado a uma sucessão de eventos tectono-sedimentares com manifestações magmáticas que atuaram até meados do Terciário (65.Ma em diante). Somando as informações, Castro e Costa (1999) mencionam que mais de 85% do Estado do Ceará são formados por terrenos pré-cambrianos limitados por extensas zonas de cisalhamento transcorrentes do contexto colisional do Ciclo Brasileiro, enquanto que as demais áreas apresentam coberturas sedimentares de idades fanerozóicas e cenozóicas, como as que recobrem toda a região litorânea, com espessuras de poucas dezenas de metros.

Para Arthaud et al. (1997), petrograficamente a maior parte do Ceará é composta por gnaisses e migmatitos retrabalhados por volta de 2,1 Ga. Os gnaisses encontrados exclusivamente a sudeste da zona de cisalhamento de Sobral, comumente mencionado como Ceará central, enquanto, os migmatitos se localizam, principalmente, a noroeste desta mesma área.

A Formação Messejana com seus necks alcalinos e diques diabásios, comporta em suas bases desde terrenos cristalinos até sedimentares cenozóicos, os quais definem as duas principais formações geológicas de toda a RMF. Segundo Brandão (1995), estas últimas assumem uma posição de destaque na avaliação do meio físico, pois representam os terrenos que interagem mais diretamente com a atividade antrópica e, quando submetidos aos processos de ocupação desordenada, têm suas características naturais modificadas.

Quanto à litoestratigrafia, na porção central da área distribuem-se rochas de natureza granitóide-migmatítica, unidade que ocupa a maior área geológica da RMF (de idades aqueanas-proterozóicas), na porção centro-oeste ocorre rochas ultrabásicas e graníticas, e por último a Formação Barreiras, distribuindo-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa à retaguarda de sedimentos eólicos antigos e atuais da planície litorânea (figura 1.1). Cabe aqui, entretanto, uma maior discussão a cerca da Formação Barreiras e da planície litorânea, por se apresentarem como elementos que despertaram na última década uma variada pesquisa tanto de cunho geológico-geomorfológico como social.

Definidos por Bigarella (1975), os sedimentos Barreiras correspondem a depósitos terció-quaternários que se estendem ao longo da borda continental como planuras suavemente inclinadas para o mar, cuja idade não pode ser superior a 30 Ma. Quanto às características texturais, Morais Neto e Alckmim (2001) nos revelam que seus sedimentos variam de areno-argilosos a conglomeráticos, apresentando coloração variada, freqüentemente mostrando-se oxidados e/ou caulinizados, com aspecto friável. Podemos assim afirmar que mesmo de forma irregular a presença da Formação Barreiras se distribui por todo o litoral cearense.

Para a planície litorânea, estão inclusas as formações mais recentes, constituídas por tipos de depósitos sedimentares muito diversificados. Estas formações representam várias feições de paisagens naturais como praias, dunas, manguezais e aluviões.

As praias e dunas constituem depósitos de areias de composição quartzosa acumulados pelos agentes de transportes marinhos e eólicos, respectivamente. Os solos e sedimentos de mangues são formados em consequência de acumulações pelíticas flúvio-marinhas e orgânicas, junto às desembocaduras dos rios que chegam até o oceano. Os aluviões são compostos por sedimentos transportados e depositados pelos rios ao longo de suas margens: são sedimentos não consolidados de natureza e granulometria variada como argila, silte e areia (PEREIRA E SILVA, 2005).

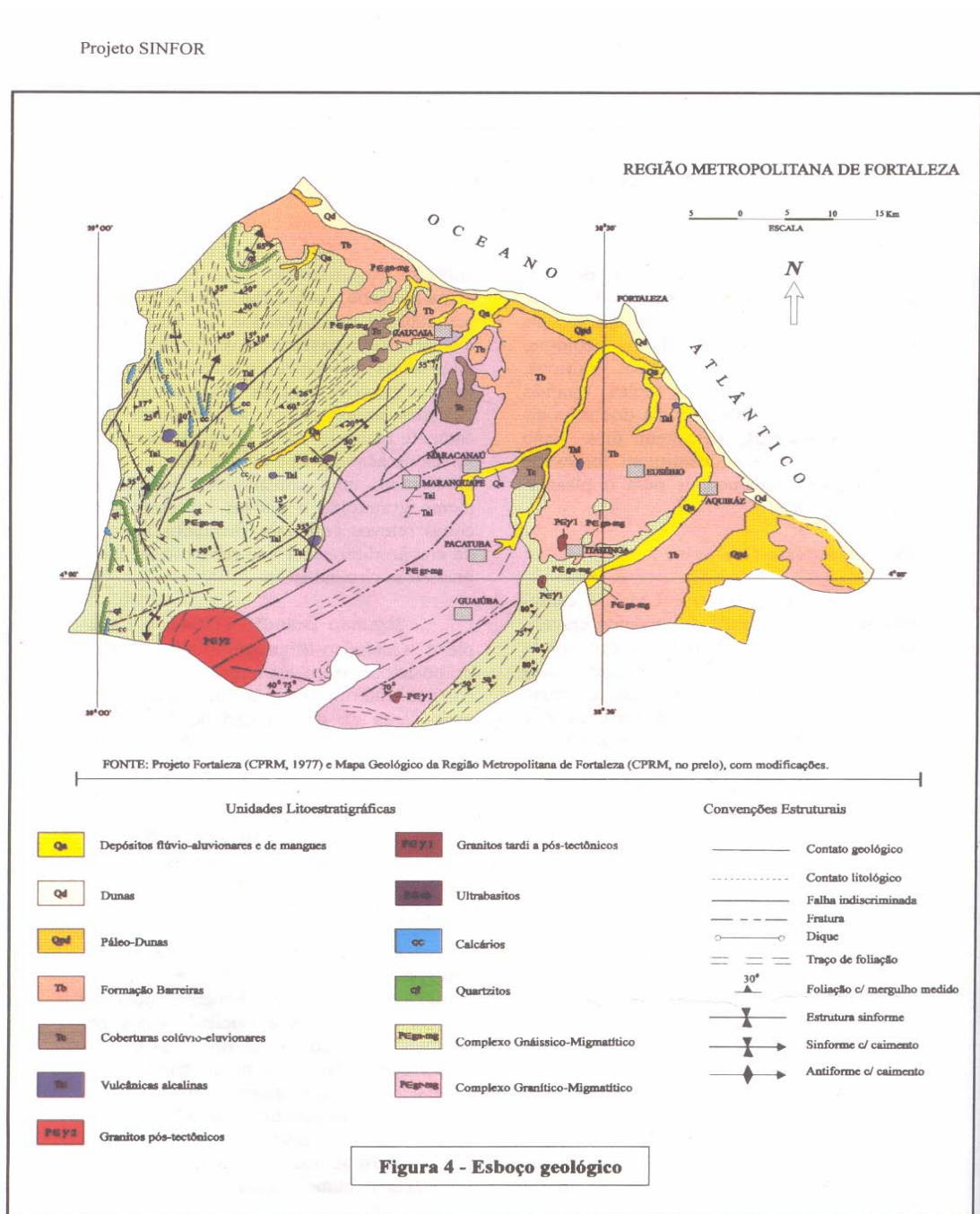


FIGURA-1.1 Esboço Geológico da RMF. Fonte: Projeto SINFOR, CPRM, 1995.

Costa et al. (2004), explicam que as dunas/paleodunas desenvolvem-se ao longo do litoral, formando um cordão paralelamente à costa, disposto discordantemente sobre os

sedimentos da Formação Barreiras ou sobre manchas aluvionares, ocasionalmente, recortados pela rede de drenagem e se constituem no maior reservatório de água para a área de Fortaleza. O quadro 1 mostra a coluna estratigráfica da Era Cenozóica para a Região Metropolitana de Fortaleza.

		UNIDADE GEOLÓGICA	LITOLOGIA
C E N O Z O I C O	Q U A T E R N Á R I O	Qa (Depósitos flúvio-aluvionares e de mangues)	Areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais, lacustres e de estuários recentes.
		Qd (Dunas móveis ou recentes)	Areias esbranquiçadas, de granulação fina a média, bem selecionadas, quartzosas, com grãos de quartzo foscos e arredondados, muitas vezes encerrando níveis de minerais pesados (principalmente ilmenita).
		Qpd (Paleodunas)	Areias de coloração amarelada e acinzentada e, de granulação fina a média, por vezes siltsosas, bem selecionadas, de composição quartzosa ou quartzofeldspática.
		TQc (Coberturas colúvio-eluviais)	Sedimentos areno-silto-argilosos, alaranjados e/ou avermelhados, de granulação fina a média, ocasionalmente mais grossa, com horizontes laterizados na base.
		Tb (Formação Barreiras)	Sedimentos areno-argilosos, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, frequentemente de aspecto mosqueado, mal selecionados, com níveis conglomeráticos e matriz argilosa caulínica com cimento argilo-ferroginoso e, às vezes silicoso.
	T E R C I Á R I O	Ty (Vulcânicas alcalinas)	Fonólitos, traquitos, tufos e essexitos

QUADRO-1 Coluna estratigráfica da era Cenozóica na RMF de Fortaleza: Fonte: Projeto SINFOR, CPRM, 1995.

## 2.2.2) Geomorfologia Regional e Local

Quanto à Geomorfologia, segundo Peulvast e Claudino-Sales (2004), o Nordeste brasileiro apresenta uma vasta diversidade de paleorrelevos, oferecendo assim, boas oportunidades de reconstrução da evolução morfológica regional através de métodos

morfoestratigráficos. Independente do tempo de ocorrências destes principais pontos, os autores destacam que a morfologia regional reflete amplamente a estrutura tectônica cretácea (135-65 Ma), período da separação dos continentes da América do Sul e da África e da origem do oceano atlântico Sul. Segundo Szatmari et al. (1987), foi no Neocomiano e no Aptiano (113-108 Ma) que ocorreram as principais fases de separação destes continentes.

Para o Nordeste oriental, de acordo com Moreira (1977), a Borborema constitui na mais notável feição geomorfológica, formado por um conjunto de relevos planálticos que imprime caracteres morfogenéticos, biogeográficos e pedológicos ao interior nordestino. Morais Neto e Alckmim (2003) caracterizam a parte oriental da Borborema como sendo formada por um maciço cristalino de direção geral NNE-SSW, circundado pela depressão sertaneja e por planícies/tabuleiros costeiros. Outros autores como Peulvast e Claudino-Sales (2001) consideram o Maciço da Borborema como sendo o ombro leste soerguido do rift cretáceo potiguar.

Souza (1988) propôs a classificação das unidades morfoestruturais mais aceita do Estado. Nestas unidades, o autor tratou de demonstrar o significado da estrutura, através da disposição das rochas em superfície, dos tipos de estratificação e do comportamento das rochas em face da ação dos processos morfoclimáticos. Este trabalho definiu para o Ceará três principais domínios, e dentro destes, outras unidades menores. No caso destas unidades as subdivisões obedecem ao modo de arranjo das formas de relevo que têm traços comuns quanto às características fisionômicas e genéticas.

Seguindo a explicação do autor, os domínios dos depósitos cenozóicos sedimentares, constituídos pelas formas de acumulação como a Formação Barreiras, têm ocorrências sub-atuais e atuais das paleodunas, colúvios, sedimentos de praias e aluviões. O domínio das bacias sedimentares paleo-mesozóicas formadas pelo Grupo Serra Grande, o grupo Apodi e o grupo Araripe, constituindo chapadas e cuevas na área. E, por último, o domínio dos escudos e maciços antigos, compreendendo a maior abrangência espacial e de litologia mais antigas que os domínios anteriores. Neste o que mais chama atenção é a larga dominância espacial das depressões periféricas derivadas dos processos denudacionais.

Quanto aos aspectos do relevo da RMF, Zuquette et al. (2004) afirmam que as altitudes variam de 0 a 800m, mas predominam as altitudes abaixo de 100m, constituídas por 3 unidades: a zona costeira, a planície interior e o elevado maciço residual.

Descrito pelos mesmos autores, a zona costeira consiste de dunas, praias, planícies, flúvio-marinhas, e penhascos abandonados, tendo as dunas altitudes variando, de acordo com a direção-intensidade dos ventos e distância da linha de praia, geralmente abaixo de 100 m. Enquanto a unidade por eles denominada de planície do interior, caracteriza-se por altitudes variando entre 0 e 100m perfazendo a área de transição entre a zona costeira e os maciços residuais, com vales em u, e retilíneos, sendo encontrado neste ambiente as planícies fluviais e os aluviões arenosos que servem como importante reservatório de água durante a estação seca e recobrem rochas ígneas e metamórficas.

Por ultimo, os maciços residuais elevados formados por rochas graníticas e metamórficas com altitudes de até 800m, como por exemplo as serras de Maranguape, Aratanha, Pacatuba, apresentando grandes declives de até 20% nas vertentes Os vales são configurados em u e possuem declives íngremes.

Para Brandão (1995), a compartimentação do relevo da RMF é representada basicamente, por quatro domínios geomorfológicos: planície litorânea, glacis pré-litorâneos, depressão sertaneja e maciços residuais, cujos limites são estabelecidos com base na homogeneidade das formas de relevo, posicionamento altimétrico, estrutura geológica, atividade tectônica, e as características de solo e vegetação. A figura 1.2 mostra o mapa do relevo da RMF.

De fundamental importância geomorfológica para a RMF, entretanto, não aparecendo até o presente momento em mapeamentos desta natureza, estão os relevos resultantes do vulcanismo ocorrido há trinta milhões de anos na área. Estes relevos observados atualmente resultaram da exumação de rochas consolidadas dentro de antigos condutos vulcânicos através de processos morfogenéticos que permearam a elaboração do relevo local.

Mesmo não tendo expressão morfológica como os maciços residuais que ocorrem na área da grande Fortaleza, estas formas se destacam por sua morfologia específica, compondo de forma mais heterogênea a paisagem local. Estruturalmente as principais formas compõem-se de diques de pequena expressão e necks que se sobressaem topograficamente no baixo relevo de aplainamento da RMF, como os do Caruru, Ancuri e Pão-de-açúcar.

Neste contexto geomorfológico, sem dúvida, a atenção quanto a uso e ocupação volta-se para a zona costeira. Relacionado a esta zona, as dunas são uma das morfologias mais características existentes em ambientes litorâneos, formadas a partir da acumulação de areias ao longo do tempo, apresentando-se móveis ou fixas. Sobrinho (2007) avalia que as dunas além do

aspecto visual, proporcionam uma constante dinâmica, contribuindo para a formação de outros elementos da paisagem, como é o caso do surgimento das lagoas interdunares. Em razão das ocupações inadequadas que ocorreram ao longo dos últimos anos no litoral da RMF, as dunas e as praias apresentam-se atualmente bastantes modificadas.

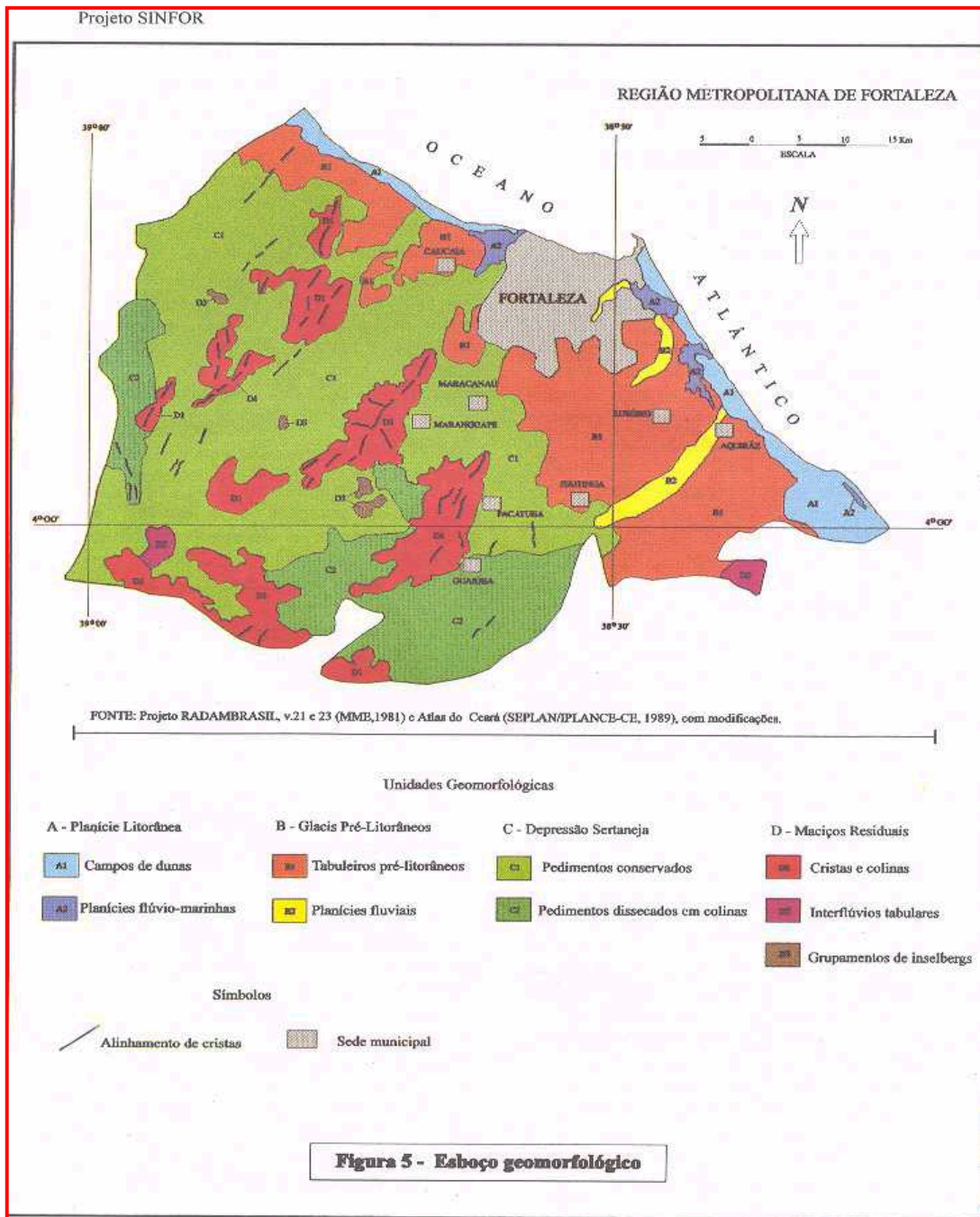


FIGURA-1.2 Esboço Geomorfológico da RMF. Fonte: Projeto SINFOR, CPRM, 1995.

### 2.2.3) Condicionantes Climáticas

A compreensão e o estudo do clima de um determinado espaço da terra tornam-se fundamental, na medida em que este fenômeno da natureza influencia diretamente as formas de paisagem e meio ambiente, bem como, pode ter importância nas relações de vida das populações e nas atividades desenvolvidas por estas.

A climatologia do Estado do Ceará está determinada pelas características climáticas gerais do Nordeste. Nimer (1979) comenta que a climatologia do Nordeste é uma das mais complexas do mundo devido a sua enorme extensão territorial, somados a conjunção de diferentes sistemas de circulação atmosférica.

Considerando os totais de chuvas e o regime das secas, verifica-se que poucas regiões do mundo possuem tanta diversificação climática, tendo uma parte de seu território com características semi-áridas e uma parcela com clima que vai de semi-úmido ao superúmido (NIMER, 1979). No Estado do Ceará, segundo Zanella (2005), a maior parte do território localiza-se nos domínios do clima semi-árido (em geral 550 e 850 mm anuais) caracterizado por um regime chuvoso curto e irregular e um período seco prolongado.

Relacionado à temperatura, o Estado do Ceará, por estar em latitudes próximas à linha do Equador, apresenta-se com temperaturas médias anuais elevadas (superiores a 26° no litoral e sertão e entre 22 e 26° nas altitudes entre 500 e 900 m.) e uma baixa amplitude térmica devido à incidência dos raios solares, sendo maior quanto menor a latitude. Essa característica será um pouco diferente em áreas influenciadas pela maritimidade (zona litorânea) ou devido a elevações locais do relevo, como em alguns maciços, na cuesta da Ibiapaba e na chapada do Araripe (<http://www.funceme.com> 22/10/2007).

Quanto à precipitação, Zanella (2005) indica que ela apresenta grande variação, tanto no tempo quanto no espaço. Ela está relacionada à atuação de diferentes fatores tanto locais como regionais. Nas áreas serranas chegam a atingir em alguns locais até 1.700 mm anuais, enquanto que no sertão o índice chega apenas a 550 a 850 mm. No litoral esses índices variam entre 1000 e 1350 mm. Essa precipitação se concentra principalmente entre os meses de fevereiro a abril, época em que o Estado fica sob a influência da Zona Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema causador das precipitações no Ceará.

No que diz respeito a Fortaleza, de acordo com Aguiar et al. (2001), esta apresenta tipo climático Aw' da classificação de Köppen (1918), pertencente ao grupo de clima tropical chuvoso, onde a época mais seca ocorre no inverno e o máximo das chuvas ocorre no outono.

Fortaleza está localizada na região Norte do Estado, sendo banhada pelo oceano atlântico e, conseqüentemente, sendo influenciada além das características climáticas do Estado pelo fator da maritimidade. A média anual histórica entre 1966 a 2000 para a precipitação de Fortaleza é de 1621,3 mm, atingindo seu valor máximo entre março e abril. Entretanto, diferente do sertão, a estação chuvosa tem a mesma duração da seca, sendo este último alterado por precipitações esparsas (AGUIAR et al., 2001).

Abrangendo toda a RMF, Sabadia e Casas (2003), comentam que 90% da precipitação ocorrem normalmente no primeiro semestre do ano. A precipitação média anual encontra-se entre 900 e 1400 mm, ocorrendo núcleos diferenciados de chuvas orográficas (Aratânia, Pacatuba e Maranguape), onde há um aumento significativo da média anual (entre 1400 e 1600 mm).

No tocante à temperatura, Fortaleza apresenta uma média anual de 26,5°C. As médias das máximas ficam em torno de 29,7°C e a das mínimas 23°C. Os principais fatores de atenuação da temperatura são decorrentes da ação da (ZCIT), pela ação dos ventos alísios de SE e das perturbações na corrente destes. (<http://www.funceme.com> 22/10/2007). Quanto à umidade, de acordo com Maia (1998), esta apresenta um padrão semelhante ao da precipitação, com um máximo no mês de março (83,9%) e um mínimo em setembro (74%). A insolação média anual é de 3000 horas, o que equivale a uma incidência solar média de 8 horas/dia. Durante o período de chuvas, a média decai para 6 horas/dia.

De acordo com o Atlas do Ceará (1989), o balanço hídrico que leva em consideração a contabilidade de entrada e saída de água no solo. Este parâmetro é analisado a partir da precipitação (P), evapotranspiração potencial (E.P), evapotranspiração real (E.R), excedente hídrico (EXC) e deficiência hídrica (DEF).

Fortaleza, por localizar-se na zona litorânea, insere-se no contexto de precipitação anual entre 1000 e 1500 mm. A evaporação potencial ocorre com índices sempre superiores a 1500 mm, enquanto a evaporação real ocorre com valores médios anuais inferiores a 1000 mm. Conclui-se, portanto, que nesta zona os meses entre março e maio observam-se os excedentes

hídricos, geralmente inferiores a 400 mm, e a deficiência hídrica tem início no mês de julho, prolongando-se ao mês de janeiro, com índices situados entre 600 e 850 mm anuais.

A direção predominante dos ventos está entre SE e E, ocorrendo com menor frequência o componente de N nos quatro primeiros meses do ano. Na área de Fortaleza a velocidade mínima e máxima é registrada em março e setembro, respectivamente. Conforme o quadro 1.1 no qual Aguiar et al. (2001) nos mostram uma média histórica das principais características climáticas de Fortaleza entre os anos de 1966 a 2000.

Mês	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa (%)	Precipitação (mm)	Evaporação de Piché (mm)	Evaporação do tanque "Classe A" (mm)	Insolação (h/mês)	Pressão atmosférica (mb)	Nebulosidade (n-10)	Velocidade do vento (m/s)
	Médias das máximas	Médias das mínimas	Média								
Janeiro	30,6	24,2	27,3	78	121,6	121,1	216,9	220,8	1.007,9	5,8	3,6
Fevereiro	30,3	23,7	27,0	80	202,5	94,3	173,8	175,7	1.008,2	6,2	3,4
Março	29,8	23,4	26,6	84	350,0	73,1	147,8	151,8	1.008,0	6,6	2,6
Abril	29,9	23,4	26,6	84	332,8	67,1	142,0	152,8	1.008,1	6,4	2,6
Mai	30,1	23,2	26,5	83	232,7	81,5	161,3	204,7	1.008,9	5,7	3,1
Junho	29,9	22,8	26,2	81	162,2	97,6	162,0	233,8	1.010,4	4,8	3,3
Julho	28,9	22,4	26,0	79	90,6	118,6	199,3	259,8	1.011,0	4,5	3,7
Agosto	30,3	22,6	26,3	75	34,5	151,9	239,7	286,7	1.010,9	3,9	4,4
Setembro	30,6	23,2	26,8	73	26,8	154,6	259,1	273,2	1.010,2	4,0	4,8
Outubro	30,9	23,9	27,2	73	13,6	167,0	268,9	283,0	1.009,3	4,3	4,7
Novembro	31,1	24,4	27,5	74	12,3	156,9	260,4	279,5	1.008,3	4,5	4,6
Dezembro	31,1	24,5	27,6	75	41,8	142,7	255,3	263,0	1.008,2	4,8	4,1
Ano	30,3	23,5	26,8	78	1.621,3	1.426,3	2.486,4	2.784,8	1.009,1	5,1	3,8

QUADRO-1.1 Médias históricas mensais e anuais de temperatura, pressão atmosférica, nebulosidade, umidade relativa, velocidade do vento e totais mensais e anuais de precipitação, evaporação e insolação para Fortaleza, 1966-2000. Fonte: Aguiar et al. (2001).

#### 2.2.4) Solos

De acordo com o Atlas do Ceará (1989), o Estado apresenta em seu território uma enorme variedade de grupos e manchas isoladas. Mas na sua grande maioria, segundo Pereira e

Silva (2005), acham-se inseridos no domínio de clima semi-árido, e em menores proporções, em áreas sob condições climáticas úmidas e sub-úmidas.

Em trabalho recente, Santos e Souza (2007) definem que a distribuição de solos segue uma estreita relação com o contexto geomorfológico, e sumarizam para a Região Metropolitana de Fortaleza a ligação entre as classes de solos, as unidades geomorfológicas e feições do modelado como segue o quadro 1.2.

Classes de solos	U. Geomorfológica	Feições morfológicas
Neossolos quartzarênicos	Planície litorânea	Faixa de praia e campos de dunas.
Argissolos vermelho-amarelos Distróficos	Glacís de deposição pré-litorâneos	Tabuleiros pré-litorâneos
Argissolos vermelho-amarelos eutróficos	Maciço residual	Maçiços e cristas residuais.
	Depressão semi-árida sertaneja	Depressão sertaneja
Neossolos flúvicos	Planícies e áreas de acumulação sazonal	Planície fluvial dos rios Cocó e Coaçu, planícies lacustres, flúvio-lacustre e áreas de acumulação sazonal.
Gleissolos sálicos	Planície litorânea	Planície-marinha.

QUADRO-1.2 Resumo das Classes de solos, unidades geomorfológicas e feições morfológicas da grande Fortaleza. Fonte: Santos e Souza, adaptado por Costa, 2007.

De acordo com Pereira e Silva (2005), as principais características destas classes de solos citadas acima, são:

Os Neossolos Quartzarênicos são pouco desenvolvidos, com seqüência e horizontes A e C, de profundos a muito profundos, arenosos, constituído essencialmente de grãos de quartzo. Sua coloração é ligeiramente escura no A, passando a amarelada ou cinzenta no C. Estes solos ocorrem principalmente nas dunas, e nas áreas de tabuleiros costeiros.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos são profundos, bem desenvolvidos, com horizonte B de cores vermelho amarelado a vermelho e textura média a argilosa abaixo de um horizonte A ou E de cores cinzentas ou claras e de textura arenosa a média. São encontrados em áreas de relevo desde plano até montanhoso sob condições climáticas úmidas/subúmidas e até semi-áridas,

distribuídas pelos tabuleiros costeiros (distróficos) pelas serras cristalinas, e nas superfícies sertanejas (eutróficos).

Os Neossolos Flúvicos são poucos desenvolvidos, de pouco profundos a muito profundos, comumente apresentando um horizonte A sobre uma sucessão de camadas estratificadas. A formação destes solos se deve à deposição de sedimentos de natureza e granulometria muito variadas, efetuadas pelos rios em épocas recentes, e possuem alta fertilidade natural. São solos típicos das planícies fluviais.

Por último, têm-se os Gleissolos Sálícos. Estes solos são hidromórficos (permanente ou periodicamente alagados), muito pouco desenvolvidos, com horizonte A seguido de C muito pouco diferenciados, de cores acinzentadas. Distribuem-se principalmente pelas partes baixas da faixa litorânea sob a influência do movimento das marés, em áreas de planícies flúvio-marinhas. São sálícos ou halomórficos, por apresentarem elevada quantidade de sódio.

#### 2.2.5) Cobertura Vegetal

A vegetação do Estado do Ceará de acordo com Atlas do Ceará (1989), pode ser dividida para fins utilitários em onze tipos de vegetação, sendo a mais representativa a vegetação xerófila da caatinga, que reveste os aplainamentos sertanejos, os serrotes, as serras secas e vertentes ocidentais das serras úmidas. As outras são: complexo vegetacional da zona litorânea, floresta subperenifolia tropical plúvio nebulosa (matas úmidas), floresta subcaducifolia tropical (matas secas), floresta caducifolia espinhosa (caatinga arbórea), caatinga arbustiva densa, caatinga arbustiva aberta, carrasco, floresta perenifolia paludosa marítima (mangue), floresta mista dicotilo-palmácea (mata ciliar e carnaúba), floresta subcaducifolia tropical xeromorfa (cerradão) e cerrado.

Destes tipos citados acima a vegetação predominante na área de Fortaleza é a considerada do tipo complexo vegetacional da zona litorânea, que se estende do litoral até áreas de contato com as rochas cristalinas, das serras de Juá, Conceição e do Camará em Caucaia, juntamente com a serra de Maranguape (ATLAS DO CEARÁ, 1989).

O projeto Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) elaborado pela Superintendência Estadual do Meio-ambiente (Semace, 2006), em parceria com outras instituições, traz os

principais conjuntos vegetacionais da zona costeira cearense, no qual, é claro faz parte à área de Fortaleza.

Partindo desta análise os componentes florísticos da área analisada são: a vegetação pioneira psamófila (que ocorre nos ambientes de pós-praia, recobrando dunas de formação mais recente); vegetação subperenifolia de dunas (apresenta recobrimento vegetal pioneiro, atenuando os efeitos da deflação eólica); vegetação perenifolia de mangue (encontradas nas planícies flúvio-marinhas do Rio Pacotí, Cocó e Ceará); vegetação de várzea (que ocorre nas planícies fluviais e áreas de inundação flúvio-lacustre); vegetação dos tabuleiros litorâneos (apresenta uma grande diversificação vegetacional e florística com espécies do cerrado e das dunas fixas); e uma pequena parcela de vegetação da caatinga. Assim como fez para as classes de solos, Santos e Souza (2007) também fizeram a relação para a área da grande Fortaleza entre a vegetação, a classe de solos e seu local de ocorrência. Quadro 1.3.

U. Fitoecológica	Classes de solos	U. Geomorfológica
Compl. Vegetacional litorâneo	Neossolos quartzarênicos	Planície Litorânea
Mata de tabuleiro	Argissolos vermelho-amarelos	Tabuleiros pré-litorâneos
Cerrado	Neossolos quartzarênicos	
Mata ciliar e lacustre	Neossolos flúvicos	Planície fluvial, lacustre e flúvio lacustre.
Caatingas	Argissolos vermelho amarelo	Depressão Sertaneja e tab. Pré-litorâneo Serra da Aratanha, Maranguape e Pacatuba.
Mata seca		
Mata úmida		

QUADRO-1.3 Resumo das unidades fitoecológica, associadas às classes de solos e unidades geomorfológicas da grande Fortaleza. Fonte: Santos e Souza, adaptado por Costa, 2007.

Cabe salientar, entretanto, que praticamente todo o conjunto vegetacional de Fortaleza encontra-se bastante alterado, devido ao uso inadequado deste recurso e, principalmente, devido ao crescimento desordenado ocorrido na cidade nas últimas décadas do século XX. A vegetação ciliar, das planícies flúvio-marinhas e a vegetação das dunas, sem dúvida, foram as mais atingidas.

## 2.2.6) Recursos Hídricos

Os recursos hídricos de Fortaleza dividem-se em duas partes: as águas superficiais e as subterrâneas.

Para Mota (1998), quanto às águas superficiais, duas bacias se destacam na Região Metropolitana de Fortaleza, tendo a Serra de Itaitinga como divisor de águas destas bacias: a parte norte está representada pela Bacia Hidrográfica do rio Cocó e seus afluentes (riachos Gavião, Pacatuba, Serrinha, Alegrete e Coaçu). A porção sul pertence à bacia Hidrográfica do rio Pacotí, que serve como base para o sistema Pacotí-Riachão-Gavião, fundamental no processo de abastecimento de Fortaleza, esta cidade que, segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007), trata-se da quarta capital do país em número de população (2.431.415 Hab, aproximadamente 40% da população do Estado) ocasionando, assim, uma grande demanda por este recurso natural.

O rio Cocó assume significativa importância no contexto da RMF e principalmente para Fortaleza, por ser o principal rio do município. A bacia hidrográfica deste rio drena uma área aproximada de 492Km<sup>2</sup>. Suas nascentes localizam-se na vertente oriental (úmida) da Serra da Aratanha, município de Pacatuba. Sua desembocadura se dá na forma de estuário no Oceano Atlântico em Fortaleza. (SANTOS E SOUZA, 2007)

O rio Pacotí nasce na vertente norte-oriental da Serra de Baturité e possui um curso cerca de 130 Km, seguindo uma direção aproximadamente sudoeste-nordeste. A maior parte de seu leito (médio e curso) está contido em terrenos cristalinos, passando a drenar terrenos sedimentares apenas em seu baixo. Banhando uma área de 717, 06 Km<sup>2</sup>, é o maior dos cursos d'água que atravessa a Região Metropolitana de Fortaleza. Seus contribuintes de maior porte são os riachos Baú e Água verde. Sua Área de Proteção Ambiental (APA) abrange os trechos compreendidos entre sua foz e a ponte velha da CE 040, no Município de Aquiraz. Nesta área, há ocorrência de manguezais, mata de tabuleiro, dunas móveis e fixas.

Brandão (1995) ainda acrescenta que na RMF, ocorrem as bacias hidrográficas de São Gonçalo, Cauípe, Juá, Ceará, Maranguape, Catu e Caponga Funda, concluindo que se trata de bacias, de uma forma geral, sem expressão hidrológica, caracterizada por cursos fluviais de pequeno porte e intermitentes. Elas se mostram, porém, fundamentais para as populações que delas precisam diretamente para sobreviver.

Quanto às águas subterrâneas, Brandão (1995), coloca as dunas e paleodunas como as unidades geológicas de maior potencialidade aquífera da R.M.F. Entretanto, devido à elevada permeabilidade e à pequena profundidade do nível freático, as dunas se tornam altamente susceptíveis à poluição de seus mananciais. O autor conclui falando que o monitoramento e a preservação desses ambientes são fundamentais para assegurar a qualidade das águas, especialmente em áreas submetidas à ocupação intensa, como ocorre com o município de Fortaleza. A Formação Barreiras, por ser uma unidade geológica que favorece a penetração da água, também favorece ao acúmulo subterrâneo, mesmo que essa permeabilidade seja menor do que as das dunas, por apresentar características silto-argilosas em alguns locais.

Neste contexto, o armazenamento subterrâneo de água em qualquer parte do mundo, é fundamental para o abastecimento, seja humano, seja natural por alimentar os recursos superficiais como rios e lagoas, após cessar o período chuvoso. Tal processo torna-se ainda mais relevante numa região como a de Fortaleza que possui grande quantidade de águas pluviais concentradas em um curto período do ano.

# CAPÍTULO 3: CAPÍTULO 3:

## **METODOLOGIA DE PESQUISA**

### **3.1) UNIFORMITARISMO: “A BUSCA PELA HISTÓRIA EVOLUTIVA NATURAL DA TERRA”**

Para a realização de nosso trabalho, do ponto de vista metodológico, na parte associada à evolução natural, aspectos geológicos e condições morfoestratigráficas (isto é, de seqüências de paisagens naturais ao longo do tempo), nossa pesquisa se baseia no princípio do Uniformitarismo ou Atualismo, fundado pelo escocês James Hutton (1726-1797), aperfeiçoado e popularizado por Charles Lyell (1797-1875) na década de 1830 e que serviu de base por Charles Darwin no seu trabalho sobre a evolução das espécies.

Até meados do século XVIII, as idéias da criação e evolução das paisagens terrestres ainda não haviam merecido explicações científicas que revolucionassem o pensamento vigente da época, exposto pelo dogma religioso, que pregava a criação e a evolução da terra por atos divinos. A partir do século XV com as idéias de Leonardo Da Vinci, Agassiz, entre outros, associados aos acontecimentos históricos, como a conquista da navegação e, mais tarde, a Revolução Francesa, as bases foram lançadas, à espera de uma teoria mais eficiente e baseada na ciência para a evolução da terra. Restrepo (2002) comenta que foi a partir desta época que começou a configurar uma visão dinâmica do tempo, possibilitando uma abertura de pensamento para diferentes explicações.

Foi somente em meados do século XVIII, no entanto, com o escocês James Hutton, que isso veio a ocorrer. Fairchild et al. (2003) explicam que foi estudando uma região da Escócia que Hutton reconheceu o caráter cíclico do registro geológico ao buscar a base de uma seqüência de rochas, tentando encontrar o início de sua atividade. Como isso não aconteceu, Hutton escreveu sua frase mais célebre “O resultado, portanto, de nossa investigação é que não encontramos nenhum vestígio de um começo, nenhuma perspectiva do fim”, ao referir-se à idade da terra à ação dos processos geológicos.

Esta frase revolucionou todas as teorias a respeito da criação da terra. Hutton continuou sua busca incessante para o avanço da ciência e como viajante e pesquisador infatigável, dedicou-se a vários ramos dela; e foi observando os fenômenos e processos que ocorriam na atualidade na superfície da terra, que chegou a conclusão que estes fenômenos eram os mesmos que haviam acontecido em períodos no passado geológico, implicando que “o presente é a chave do passado” (CHRISTOFOLETTI, 1980). Para ele, os fenômenos, tanto

antigos quanto atuais, são controlados pelas mesmas leis físicas, químicas e biológicas. Nascia, assim, o princípio do Atualismo ou Uniformitarismo.

Trabalhando à origem dos termos, Dominguez-Rodriguez (1998) esclarece que Atualismo, devido à origem do marco referencial ter sido elaborado a partir de sua observação e compreensão na atualidade, e uniformitarismo, porque estes processos estariam submetidos a uma dinâmica e leis invariáveis no tempo e no espaço que ocorriam do mesmo modo no passado.

No entanto, algumas críticas foram feitas a este princípio. Para Laporte (1982), algumas limitações há neste procedimento, visto que há possibilidade de que eventos geológicos do passado não tenham equivalentes atuais, se não em qualidade pelo menos em intensidade. Fairchild et al. (2003) acrescentam que o Atualismo na sua essência é a afirmação da constância das leis naturais que regem a terra, mesmo que no passado os produtos e intensidade dos processos geológicos tenham sido algo diferente daquilo que se observa atualmente. Segundo eles, até mesmo Lyell, responsável pela popularização deste método, cometeu o mesmo equívoco de Hutton, pois na sua visão, o presente seria a chave do passado, sendo o passado igual ao presente, inclusive em gênero e intensidade dos processos atuantes da dinâmica interna e externa.

Este princípio enfrentou violentas reações, principalmente do “catastrofismo”, outra corrente da época que considerava que a evolução da terra se dava através de catástrofes naturais, principalmente, as que aparecem na Bíblia, como sendo controlados pela força incomum divina. Especialmente, o maior ponto de controvérsia eram duas correntes: as que defendiam e as que não defendiam a ocorrência do dilúvio. Hutton ainda reconheceu a existência de calor subterrâneo, e considerou este calor como a causa fundamental da geração de magmas e atividades vulcânicas. Ele trabalhou também, na compreensão da gênese dos três grandes grupos de rochas (ígnea, metamórfica e sedimentar).

O Uniformitarismo é um método de pensamento e não uma generalização empírica (SALGADO-LABOURIAU, 1998), sendo bastante aceito nas pesquisas mundiais em geociências. Essa forma de pensamento foi muito importante e norteou muitos trabalhos posteriores. De acordo com Isla (1998), os próprios estudos evolutivos do relevo de Davis (juvenil, maturidade e senilidade) baseavam-se neste princípio. Sua popularização levou ainda, a descrição de modelos, principalmente, aos sedimentológicos de evolução de sistemas costeiros relacionados com as oscilações do nível do mar.

Abordando mais ainda sua generalização espaço-temporal, Claudino-Sales (2004) argumenta que este princípio abre uma perspectiva da recomposição da longa história das paisagens naturais, como a decodificação da monumental história dos continentes, o desvendamento dos processos de nascimento e extinção de oceanos e mares, a identificação da origem e evolução dos grandes volumes de relevo, a compreensão da estrutura espacial de bacias hidrográficas, a reconstrução dos climas do passado, inclusive daqueles que subsidiaram o alvorecer da sociedade humana em seus primeiros e ulteriores passos históricos, sendo, portanto, um importante instrumento para a Geografia Física, em particular para Geomorfologia. Musacchio (2004) ainda coloca este princípio como imprescindível para o estudo de registros estratigráficos e fósseis de determinadas áreas.

Percebe-se, portanto, que para se estudar a paisagem de uma determinada área, não basta sabermos os fenômenos e processos que modelam o relevo na atualidade, temos que conhecer e compreender os acontecimentos e eventos que fizeram parte do passado geológico deste local seja ele planetário regional ou local. Partindo deste princípio, podemos reconstruir, assim, uma perspectiva eficiente sobre o passado natural da terra e sobre o presente.

Enfatizamos, assim, que baseado nessa investigação empírica, pretendemos definir à origem e estruturação (etapas da ação vulcânica regional, processos específicos, associações com a tectônica de placas), evolução geomorfológica (taxas de erosão e evolução sedimentar das áreas do entorno dos relevos) e morfometria dos relevos vulcânicos da Formação Messejana, para que assim, possamos buscar uma resposta eficiente a respeito deste importante evento natural ocorrido em nossa região há aproximadamente 30 milhões de anos atrás.

### **3.2) A ANÁLISE AMBIENTAL**

Em nossa pesquisa, contamos com uma etapa de análise ambiental, enfoque importante desenvolvido do nosso trabalho, que tem como apoio básico o referencial teórico no geossistema oriundo da Teoria Geral do Sistema de Bertalanfy (1977).

O conceito de geossistema surgiu quando, a partir dos anos 60 difundiu-se amplamente o enfoque ou método sistêmico em muitas disciplinas científicas, inclusive chegando à elaboração da “Teoria Matemática dos Sistemas”, que permite estudar qualquer possível regime, estrutura ou estado em qualquer sistema. Neste período, é claro, alguns estudiosos

trataram de conceituar sistema, que serviu de apoio para que algumas ciências, como Biologia e Geografia, apliquem-no em seus respectivos objetos de estudo do meio-ambiente surgindo dele conceitos como Ecossistema e, mas adiante, o geossistema.

Tricart (1977) define sistema como um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia, tendo esses fluxos dependência mútua com os fenômenos, e possuindo dinâmica própria, específica do sistema. Este conceito aparece como melhor instrumento lógico para estudar os problemas do meio ambiente. Todavia, a preocupação em se realizar abordagem sistêmica conceitual e analítica rigorosa surgiu explicitamente na Biologia teórica, na década de 1930. Em função de usar da analogia com os sistemas biológicos, a abordagem foi absorvida e adaptada por várias outras ciências (CHRISTOFOLETTI, 2000), inclusive a Geografia.

Para o mesmo autor, neste caminhar, aparece o conceito de Ecossistema proposto por Tansley em 1935, como sendo a unidade básica resultante da interação entre todos os seres vivos que habitam uma determinada área ou região, com as condições físicas ou ambientais que as caracterizam, tornando assim, objeto da Ecologia. Como sempre acontece no aperfeiçoamento de conceitos científicos, ao longo das décadas que se sucederam, esta definição foi sendo aperfeiçoada.

Foi neste ambiente intelectual e de descobertas conceituais de sistema que entrou a Geografia física. Com efeito, para Tricart (1977) a maior parte das diversas disciplinas que integram a Geografia física tem por objeto o estudo do meio ambiente, incluindo assim, a noção de ecossistema. Dessa noção, segue na seqüência o conceito de geossistema, já que a Geografia para este autor teria como o objeto de estudo as relações entre os seres vivos, inclusive o homem, e entre estes e o meio ambiente que se processa na superfície da terra.

Segundo Sochava (1977), o ecossistema tem uma noção bastante ampla, sendo subjacente às demais da moderna ecologia, tendo, portanto um conceito mais biológico, enquanto o geossistema abrange complexos biológicos, e possui uma organização de sistemas mais complicada e, em comparação com os ecossistemas, é consideravelmente mais ampla. Além do mais, embora sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais, influenciando sua estrutura e peculiaridade espacial, são tomados em consideração durante o seu estudo, e é neste sentido, que o conceito moderno de Geografia acha-se principalmente relacionado aos aspectos antrópicos do ambiente.

Geossistemas são uma classe de sistemas abertos e hierarquicamente organizados. Esta hierarquização é a mais importante feição dos geossistemas, devido a isso, tanto a área elementar da superfície da terra, quanto o sistema planetário, ou as subdivisões intermediárias do meio natural, representam uma dinâmica, com uma organização geográfica a ela inerente. (BERTALANFY, 1973 apud SOCHAVA, 1977).

Para Christofolletti (2000), o geossistema representa entidade de organização do meio ambiente, e pode ser designado como sistemas ambientais físicos, pois representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza, e é neste local, que os seres humanos usufruem e modificam os aspectos do meio ambiente, inserindo-se como agente que influencia nas características visuais e nos fluxos de matéria e energia, modificando o equilíbrio natural.

Nesta lógica, a Geografia, como sendo a disciplina das organizações espaciais, engloba a estruturação, funcionamento e dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos, sociais e econômicos, sendo assim, o geossistema, um sistema ambiental físico expresso na superfície terrestre, a relevância espacial para a análise geográfica.

Monteiro (2000) exclama que o geossistema é de fundamental importância para a Geografia, desde que preconizado como tentativa de uma geografia física global, esta proposta visou, desde o início, um esforço de antropofização do sistema.

Rodriguez et al. (2004) simplificam a utilização do termo geossistema na literatura científica, como sendo as concepções de formação natural e funções terrestres complexas, que incluem a natureza, a população e a economia, ou sendo qualquer sistema terrestre e, por fim, como sendo qualquer objeto estudado pelas ciências da terra.

Bertrand (1972) trabalha o conceito de geossistema numa perspectiva um pouco diferente de Sothava. Para ele, o geossistema é parte da paisagem dentro de uma determinada escala de um sistema taxonômico que ele dividiu em níveis temporo-espaciais. Como se situa entre a 4ª e a 5ª grandeza temporo-espacial, o geossistema compreende uma unidade dimensional de alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados. Sendo assim, é nesta escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas as mais interessantes para o geógrafo.

Na sua definição o geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis, resultando da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos.

Bertrand chama a atenção que a ação antrópica na evolução natural própria do potencial ecológico pode ser um “fator limitante” e “de mobilidade ecológica” e que o geógrafo deve se aprofundar neste campo. Neste sentido, o geossistema constitui uma boa base para os estudos de organização do espaço porque ele é compatível com a escala humana.

Rodrigues (2005) nos coloca que esta teoria surgiu da tentativa ou de formulações teórico-metodológica da Geografia Física, surgida em função da necessidade de a Geografia lidar com os princípios de interdisciplinaridade, síntese, ou abordagem multiescalar, e com prognoses sobre a dinâmica do meio ambiente.

Conclui-se, portanto, que é neste viés de raciocínio que buscaremos a melhor forma de trabalhar a Formação Messejana, seja ela revestida dos tempos da evolução natural da terra (Uniformitarismo), ou das modificações impostas pela sociedade recentemente através do inadequado uso e ocupação de seus relevos (análise ambiental com ênfase geossistêmica).

### **3.3) TÉCNICAS DE TRABALHO**

#### **3.3.1) Etapa de Gabinete**

Nessa etapa buscamos realizar investigação bibliográfica voltada ao enriquecimento e esclarecimento sobre o assunto abordado como (1) abranger o conhecimento sobre os efeitos da tectônica de placas, especialmente, do evento de separação do Brasil com a África e sua evolução subsequente; (2) compreensão da atividade vulcânica terciária no Nordeste e no Ceará em particular; (3) caracterização de edifícios vulcânicos; (4) evolução morfoestratigráfica e morfológica da paisagem; (5) história evolutiva dos depósitos Barreiras na área de pesquisa e (6) uso e ocupação dos relevos vulcânicos da Região Metropolitana de Fortaleza.

Durante todo o trabalho constantemente buscamos o auxílio da indispensável ferramenta *Internet*, na busca de textos que atendesse de alguma forma os assuntos abordados no trabalho, especialmente aqueles relacionados a problemas ambientais no que diz respeito a mineração e sobre vulcanismo de um modo geral.

### 3.3.2) Etapa de Geoprocessamento.

Outra etapa de gabinete e não menos importante que a anterior, vincula-se à etapa de esboços digitais, análise cartográfica, cartografia digital, representando análises de mapas temáticos, como topográficos, geológico, geomorfológico, pedológico e análise de fotografias aéreas existentes sobre a área de estudo, em particular associada à interpretação da paisagem que compõe o quadro dos relevos analisados por nós neste trabalho.

Esse material foi analisado minuciosamente em diversas escalas e datas, permitindo a caracterização e mapeamento das áreas do setor de estudo, processado através do uso dos programas *Macrostation* (mapa de unidades de paisagem do litoral extremo leste de Fortaleza, com imagens do *Google Earth*, 2008), *Global Mapper* (perfis e visão em 3D da área ao entorno dos relevos Caruru e Ancuri), *Google Maps*, *Yahoo Maps* e desenhos esquemáticos em ferramentas de desenho como o *paint*.

O uso desses softwares possibilitou também a compreensão das etapas evolutivas referentes ao uso e ocupação, permitindo acompanhar as alterações na paisagem, particularmente nos relevos impactados pela mineração, sobretudo, no Caruru, onde o mapeamento na escala de 1:15.000, possibilitou uma compreensão eficiente do processo de mineração neste relevo.

### 3.3.3) Etapa de Campo:

Por mais que estejamos vivenciando a era do avanço máximo da informática e das sofisticadas técnicas usadas em todos os setores da vida, especialmente no avanço da ciência, a etapa de campo ainda sobrevive com seu especial apreço na elaboração de trabalhos técnicos e científicos.

Trata-se de um momento em que colocamos em prática a verificação do conhecimento, levantamento de questões acumuladas nas etapas anteriores, confirmação de hipóteses e conclusões, visando à caracterização completa da paisagem, incluindo morfometria e sistematização das formas com a realidade de campo, coberturas pedológicas, arranjos morfológicos, utilização por meios de aparelhos receptores como *Global Positioning System* (GPS), fotografias e esboços esquemáticos dos relevos em ênfase, identificação dos critérios para

definição de taxas de erosão, caracterização do uso e ocupação, situação referente à degradação ambiental e mapeamento da área.

Nossas atividades de campo foram realizadas ao longo de toda a duração da pesquisa. Por quatro oportunidades estivemos nesta labuta, uma delas acompanhado pelo orientador e co-orientadora que muito nos ajudaram em interpretações que, talvez, naquele momento fosse difícil para mim. Nas visitas subsequentes adquirimos a autonomia do trabalho e enfrentamos esta etapa sozinho ou acompanhado por colegas da pós-graduação em Geografia. Com todas as nuances inerentes a uma etapa de campo, atingimos com êxito nosso propósito sem grandes dificuldades.

# CAPÍTULO 4: CAPÍTULO 4:

## **ANÁLISE LITOLÓGICA, MORFO-ESTRUTURAL E ESPACIAL DOS RELEVOS VULCÂNICOS DA RME.**

#### 4.1) TECTÔNICA DE PLACA

O paralelismo entre as costas das Américas e da Europa-África já havia chamado a atenção do filósofo inglês Francis Bacon, que ainda em 1620 referiu-se à possibilidade de que tivessem estado ligadas. Em fins do século XIX geólogos haviam sugerido o deslocamento dos continentes, assim como sua aglutinação, como a terra de Gondwana proposta pelo geólogo austríaco Eduard Suess (1895).

Coube, entretanto, ao astrônomo e meteorologista alemão Alfred Lothar Wegener formular uma hipótese global, geologicamente bem fundamentada, em artigo datado de 1912, três anos depois desenvolvida no livro em alemão “A Origem dos Continentes e Oceanos”. Wegener baseou-se nos conhecimentos geológicos, paleontológicos e paleoclimáticos então disponíveis, assim como na geometria dos continentes. Supondo ter existido no passado um megacontinente ao qual denominou Pangéia, que no Jurássico passou a se fraturar, tendo os fragmentos derivado para originar os continentes atuais. (ALMEIDA, 2005).

A hipótese, estranha para os conhecimentos da época, sofreu restrições, sobretudo pelos geofísicos, por falta de comprovação dos fatos. Alfred Wegener, mesmo com todo esforço, não conseguiu explicar como os continentes poderiam se mover nos fundos oceânicos rígidos e qual seria a força capaz de deslocá-los e chegado às posições atuais. O que este pesquisador não sabia, é que naquele momento estava sendo lançada a semente do que viria a se tornar, em meados do século XX, a maior revolução, havida nas ciências da terra.

Entretanto, após alguns anos esquecida, essa teoria retorna com tudo nos anos 1940. Branco (1992) associa que o fantástico desenvolvimento dos recursos tecnológicos postos à disposição da ciência nos últimos anos, permitiu a descoberta de processos e fenômenos extraordinários, como o paleomagnetismo, e conclui, que nos dias de hoje seria quase ridículo opor-se alguma dúvida a esta teoria.

Tassinari (2003) entende que o mapeamento do relevo marinho nos anos pós-guerra foi de fundamental importância para o caminho da constatação da separação dos continentes, pois a partir destas descobertas o fundo marinho passou a ser visto como um ambiente geologicamente bastante dinâmico, vindo mais tarde, início dos anos 60, a trazer subsídios a favor do conceito da expansão do assoalho oceânico de Harry Hess da Universidade de Princeton (EUA). Estava,

portanto, tudo preparado para a revolucionária teoria da deriva continental, intitulada agora, como tectônica de placas.

Atualmente, acredita-se que a litosfera terrestre seja fragmentada em cerca de uma dúzia de placas, que se movem em média de 2 a 3 cm/ano, embora a velocidade relativa entre algumas sejam maiores do que entre outras (TASSINARI, 2003). A figura 2 apresenta as principais placas tectônicas da terra.

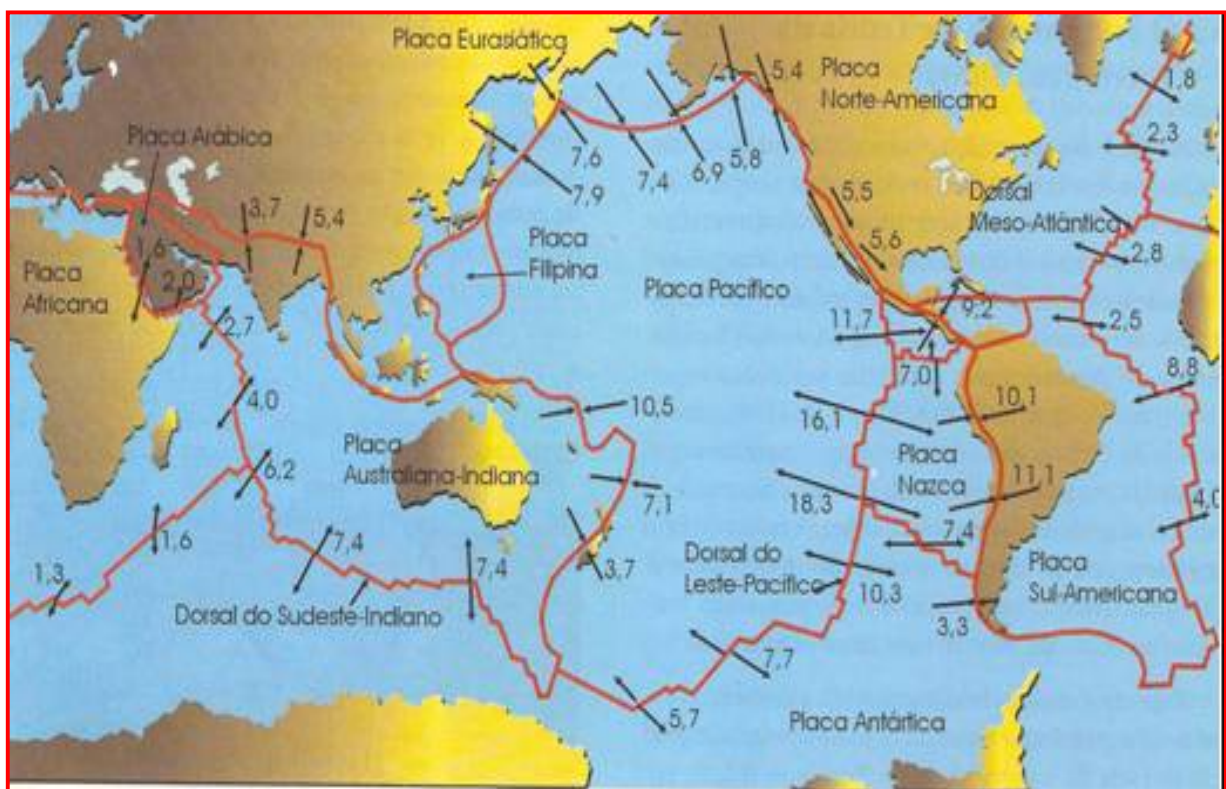


FIGURA-2 Distribuição geográfica das placas tectônicas da terra. Os números representam as velocidades em cm/ano entre as placas, e as setas, os sentidos do movimento. Fonte: Decifrando a terra, 2003.

#### 4.2) A SEPARAÇÃO ENTRE BRASIL E ÁFRICA E O VULCANISMO ASSOCIADO

Associando os eventos vulcânicos pós-paleozóicos, que ocorreram na margem cratônica oriental da América do Sul, Cordani & Blazekovit (1970) definem estes eventos magmáticos como importantes, pela sua íntima conexão com os grandes problemas da origem do oceano Atlântico e da teoria da tectônica de placas. Para Cordani (1970), as atividades vulcânicas

com magmatismo basáltico das bacias do Paraná e do Parnaíba tiveram sua fase principal no Cretáceo inferior. As idades das rochas alcalinas do Brasil meridional, das rochas ígneas do Cabo Santo Agostinho (PE), de diversas rochas básicas do Nordeste brasileiro, da rocha fonolítica de Messejana, e da rocha basáltica de Caravelas indicaram atividades magmáticas contínuas ao longo da costa brasileira, desde o Cretáceo inferior até pelo menos o fim do Terciário. As idades mais antigas encontradas nos edifícios vulcânicos do Atlântico Sul, podendo representar em alguns casos idades próximas do início das atividades vulcânicas, são sempre consistentes com a hipótese do crescimento do assoalho oceânico. Sial (1975) corrobora explicando que com o deslocamento dos continentes a placa sul-americana poderia sofrer muitos reajustamentos internos que poderiam gerar ou abrir fraturas pré-existentes através das quais magmas poderiam vir à superfície.

Almeida (1983) coloca a natureza e a coincidência de idade destes fenômenos tectono-magmáticos como molde a não deixar dúvidas quanto à sua correlação com os processos que conduziram à abertura do oceano atlântico, todavia, seu modo de correlação ainda se acha grandemente no domínio das especulações. Almeida (1986) trabalha a idéia de que o magmatismo mais próximo à costa, seria associado à evolução das bacias da margem continental, o que levou a interpretar a atividade magmática sob a ótica da tectônica de placas. Porém, para o interior do continente, essa correlação é ainda muito controversa.

No que concerne à separação entre a placa sul-americana e da África, esta se deu predominantemente pelo movimento divergente de direção leste-oeste. Françolin & Szatmari (1987), consideraram as primeiras manifestações de separação durante o Jurássico Superior (154-135 Ma). Para eles, a fratura iniciou-se no sul do continente Gondwana e, progressivamente, alastrou-se até o fim da separação no Cretáceo Inferior (135-96 Ma).

Caso particular de separação entre os dois continentes está associado ao Nordeste do Brasil. Enfatizado por Brito Neves (1999), a separação final destes continentes tomou cerca de 20 Ma e dependeu de movimentos das falhas transformantes (aquelas que deslizam lateralmente em relação à outra) de St Paul e Romanche, sendo o último segmento desta abertura na zona Touros-Maragogi, na parte oriental do Nordeste (no Cretáceo Superior).

Tais movimentos provavelmente tomaram lugar entre 110 e 90 Ma atrás, e teriam sido suficiente para destacar os dois continentes que estavam ligados por uma estreita faixa Nordeste. Carneiro et al. (1989), relacionam que o fato de ter sido o Nordeste a última parte da

placa a se separar da África no Mesozóico, implicou a esta região algumas conseqüências, como margem continental estreita, feições peculiares de estrutura e magmatismo e grande diversidade de registros da trama tectônica que acompanhou a separação continental.

Para Matos (2000), esta margem continental passiva formou-se através da abertura transformante do Atlântico Equatorial, a qual se deu em períodos aptianos (113-108 Ma). Para Peulvast e Claudino-Sales (2006), a margem foi formada onde as falhas transformantes oceânicas relacionadas cruzaram segmentos de margem rifteadas e zonas continentais de *rifts*, com alongamento e afinamento crustal.

Como mencionado acima, o Nordeste brasileiro foi à última parte a se separar da África, processo este que originou a parte Equatorial do Atlântico Sul, fato que associa a idade em milhões de anos da zona costeira do nordeste em geral e da cearense em particular. Esta última, de acordo com Claudino-Sales (2005) evoluiu ao longo do tempo geológico através da intervenção da tectônica de placas e isostasia e da ação de processos externos como variações do nível do mar, ondas, correntes litorâneas, marés, rios, precipitações e ventos.

Cabe salientar, entretanto, que mesmo tendo sua gênese associada ao Cretáceo, foi no período Terciário que esta zona teve sua última etapa de evolução, ligada a processos termotectônicos. Estes processos, segundo Almeida et al. (1988), tiveram origem no Paleogeno (65-23.5 Ma), tal é o caso do Vulcanismo Mundaú, Alto do Ceará e do Alto Atlântico, importante feições da margem continental offshore, onde o Vulcanismo Mundaú é representado por basaltos de natureza química e petrográfica mal conhecidas; no Alto do Ceará, observam-se conglomerados e brecha que contém fragmentos de rochas vulcânicas félsicas e de granito. Por último, o alto atlântico, que segundo Szatmari et al. (1987), de direção E-W contém rochas vulcânicas de idade eocênica.

Para Almeida et al. (1988), mais recentemente, por volta de 30 Ma, na época Oligoceno (33,7-23,5 Ma), foi originada a Formação Messejana, tendo seus relevos atualmente dispostos em setores da margem continental onshore, ao longo da zona costeira de Fortaleza, nos municípios da sua região metropolitana, sendo considerado um vulcanismo alcalino continental, típico de regiões que não sofrem processos de separação de placas.

Para a Formação Messejana, Vandomos e Oliveira (1968), foram os primeiros a descreverem as rochas de um dos relevos vulcânicos, o Morro Caruru (que está a apenas a 2Km da praia), denominando o conjunto de ocorrências como Formação Messejana. Dando ênfase a

este episódio vulcânico, Claudino-Sales e Peulvast (2007), sugerem que o vigor dos relevos que constituem o litoral cearense (Maciço de Baturité) parece sugerir a contribuição de um soerguimento mais recente, além do que ocorreu no Neocomiano, talvez em relação com o vulcanismo terciário que atingiu esse setor da margem continental e criou o *guyot* do Ceará. Este *guyot*, de acordo com Almeida (2006) apresenta-se como um banco vulcânico, alto de mais de 2000 m, cujo topo aplainado pela erosão, com reduzida cobertura sedimentar, situa-se entre 300 e 250 m de profundidade junto ao embasamento continental ao largo de Fortaleza. Contudo, esse possível soerguimento terciário não teria tido expressão regional.

Mesmo condicionado a uma pequena expressão regional, em trabalho sobre água subterrânea no litoral de Caucaia (RMF), Mota (2005) afirma que as geofraturas de direção NE herdadas deste evento vulcânico, são importantes hidrogeologicamente em dois aspectos para a área: o primeiro refere-se ao condicionamento de circulação da água, obedecendo ao *trend* geral dos principais lineamentos estruturais da região; e o segundo, diz respeito à presença de aquíferos de boa qualidade e com boas vazões dentro desses condutos estruturais (figura 2.1).

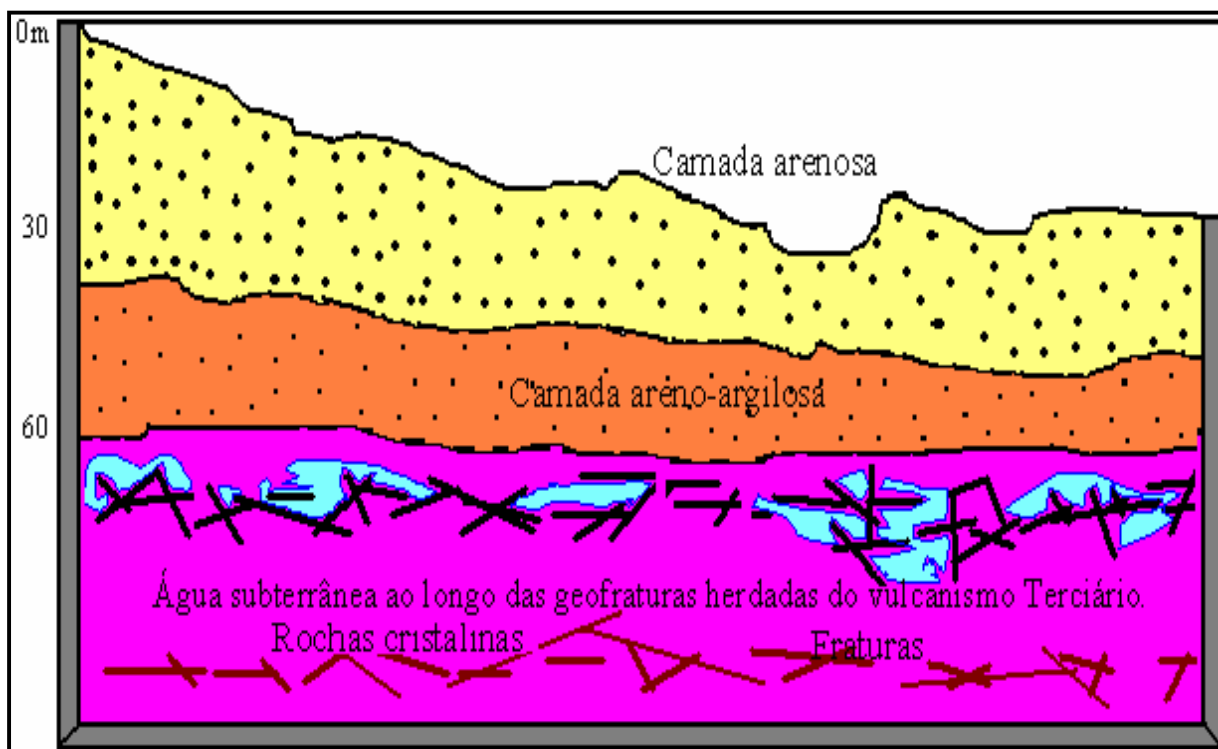


FIGURA-2.1 Modelo ilustrativo da forma de ocorrências do armazenamento de água subterrânea nas geofraturas oriundas do magmatismo Terciário na região de Fortaleza. Costa, 2008.

#### **4.3) VULCANISMO ALCALINO TERCIÁRIO NO NE BRASILEIRO**

De acordo com Brito Neves et al. (2003), rochas magmáticas têm um importante registro no Nordeste do Brasil durante o Terciário, do Oligoceno ao Mioceno (33.7-7.1 Ma), sendo representado por vulcanismo básico-alcálico, principalmente nos Estados do Rio Grande do Norte (Macau), e na Paraíba (Boa Vista) e localmente nos Estados da Bahia (Abrolhos) e do Ceará (Messejana).

Souza et al. (2004), explicam que o Nordeste do Brasil, na parte da província Borborema, tem importante expressão geotectônica da plataforma sulamericana, sendo que esta província inclui grande quantidade de rochas vulcânicas hipabissais (uma intrusão rasa de magma ou a rocha solidificada resultante), com idades desde o Cretáceo até o Terciário, em formas de dique, sills, pequenos escoamentos de lavas, condutos vulcânicos e plugs.

Para Almeida et al. (1988), a distribuição deste evento foi bem mais restrita que o magmatismo Juro-eocretáceo, e desenvolveu-se claramente em função da tectônica costeira da margem continental face à crosta oceânica.

Mais adiante, Almeida et al. (1996) explicam que a razão do magmatismo ter cessado apenas no Mioceno na região Nordeste, bem depois do Sul, deve-se ao fato de que no Sul o afastamento dos continentes deu-se mais rápido que no Nordeste, aliados ainda, a diferentes processos de rifteamento.

Os eventos vulcânicos originam formas de relevo bastante peculiares, entre estas formas, destacam-se os diques, necks e domos. Szabó et al. (2003), definem os necks vulcânicos como corpos intrusivos discordantes formados pela consolidação do magma dentro de chaminés vulcânicas, que após erosão do cone vulcânico se sobressaem na topografia. Já os diques são formados quando o magma invade as rochas encaixantes através de fraturas ou falhas, e apresentam uma estrutura vertical ou cortam as estruturas originais dessas rochas, sendo, portanto corpos discordantes. Por fim, os domos são formas resultantes da erupção de lavas félsicas extremamente viscosas. No Brasil são encontrados muitos destes relevos, mostrando que atividade desta natureza foi comum em períodos anteriores no nosso território.

Quanto às rochas terciárias do Rio Grande do Norte e Paraíba, estas constituem-se plugs, necks, derrames e diques de natureza alcalina. Foram originalmente tidas como um mesmo episódio vulcânico, porém mais tarde divididas em dois grupos maiores de idade por observações

de campo e datações isotópicas. De acordo com Sial (1976), as formações vulcânicas potiguares na sua maioria cortam o embasamento cristalino e uma pequena parte atravessa os sedimentos cretácicos da Bacia do Apodi. Para Salim et al. (1987), o vulcanismo miocênico do Cabugí (Formação Macau) é responsável por cortar a superfície alta e dissecada do interior do RN.

Morais Neto e Alckmim (2001) comentam que este evento, ocorrido no setor oriental da Província Borborema, se torna ainda mais importante pelo fato de ser utilizado para situar a deposição da Formação Serra do Martins, superfície elevada no lesto do Planalto da Borborema, já que o vulcanismo ocorreu entre o Eoceno ao Mioceno (53-7.1 Ma) e esta formação dataria entre o Eoceno e Oligoceno (53-23.5 Ma), portanto, servindo como parâmetro de idade.

Estudos efetuados na caracterização sedimentológica e estrutural das rochas siliclásticas da Formação Serra do Martins, constatou que tais sedimentos foram termicamente afetados por um plug vulcânico da Formação Macau e verificou que a porção NE da Serra de Santana foi alçada por influência do vulcanismo terciário, o que reforça a hipótese da deposição da Formação Serra do Martins ser anterior àquele evento magmático. Os autores concluem que no continente, os corpos basálticos deste evento parecem estar alinhados na direção N-S e sua controversa origem tem sido associada a anomalia térmica do manto ou à passagem da região sobre um *hot spot*.

Dantas e Bezerra (2002) explicam que o magmatismo Macau inclui derrames, necks e plugs de basaltos e diabásios, além de diques, com afinidade alcalina de idade Oligoceno a Mioceno, tendo o Pico Cabugí como um dos mais representativos corpos ígneos com seus mais de 3 km de diâmetro (figura 2.2). Segundo os mesmos autores, essas manifestações magmáticas se alojam no embasamento cristalino ou cortam as rochas meso-cenozóicas e devido à sua influência no setor petrolífero, o magmatismo Macau torna-se o evento ígneo mais importante da bacia Potiguar, inserindo-se nos eventos magmáticos terciários que pontuaram a placa sul-americana.

Segundo Souza et al. (2004), o corpo ígneo do Cabugí topograficamente é muito expressivo dentro da região, com 650 m de altitude. Ele corresponde a um neck intrusivo dentro das rochas gnáissicas de idades pré-cambrianas, tendo sua idade estimada em  $24.6 \pm 0.8$  Ma através do método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ .



FIGURA-2.2 Visão do Pico Cabugí (um dos mais representativos corpos ígneos da Formação Macau). Foto: Peulvast, 2007.

Pessoa Neto (2003) associa o último pulso de soerguimento da margem continental do Nordeste há aproximadamente 20 Ma, a esta intensa atividade vulcânica na porção continental do Rio Grande do Norte (vulcanismo Macau), ocasionando assim, erosão das coberturas fanerozóicas expostas e discordâncias erosivas de magnitude regional. Peulvast e Claudino-Sales (2006) estabelecem que este evento magmático e térmico do Terciário pode ter contribuído para explicar as diferentes taxas de denudação e sedimentação, especialmente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte.

Relacionado ao evento de Boa Vista (PB), do ponto de vista de Petta e Barbosa (2003), este evento basáltico ocorreu entre o Mioceno e o Oligoceno (33.7-5.3 Ma), sendo encontrado estruturas de pillow lavas na parte inferior e rochas piroclásticas, derrames vítreos, afaníticos e lapilitos na parte superior da seqüência vulcano-sedimentar. Este evento vulcano-sedimentar, segundo os mesmos autores, foi responsável pela origem de um dos principais depósitos de argilas bentonitas (excelente potencial econômico) do Brasil.

Classicamente interpretado como originado da desvitrificação e alteração de materiais piroclásticos (cinzas e tufos) em ambiente marinho ou lacustre, a associação com derrames basálticos permite, também a interpretação da bentonita como de origem vulcânica.

O arquipélago dos Abrolhos são formações, de acordo com Cordani e Blazekovit (1970), que representam os remanescentes acima do nível do mar de edifícios vulcânicos na plataforma continental, ao largo da costa da Bahia, sendo rochas basálticas, constituindo sills e diques de idade entre 60 Ma até cerca de 40 Ma (Paleoceno-Eoceno) de acordo com datações em várias amostras.

Sobreira e França (2005) argumentam que além das basálticas encontram-se rochas intrusivas e vulcanoclastos e até ultrabásicas, tendo sido o magmatismo de caráter intraplaca, onde sucedeu-se, principalmente, em ambiente submarino e os únicos afloramentos conhecidos das rochas, ocorrem no arquipélago de Abrolhos, um grupo de cinco ilhotas situadas ao largo da costa Sul da Bahia. Os mesmos autores acrescentam que segundo um modelo tectono-magmático a partir de dados geológicos e geofísicos, definiu uma distribuição não-uniforme das rochas vulcânicas predominantes, bem como a localização de antigas câmaras magmáticas, possíveis focalizadoras do fluxo térmico.

Em trabalhos de campo efetuado por Mohriak (2006), foram constatadas camadas vulcânicas capeando camadas silicásticas com notável mergulho estrutural, feições compressionais, e também possíveis turbiditos ou sedimentos de plataforma, incluindo assim, a proposição da ocorrência de sedimentos abaixo das seqüências vulcânicas. Essas seqüências incluem-se diabásio amigdaloidal, basaltos, tufos e vulcanoclásticas.

O autor cita a idade entre 40 e 60 Ma, indicativas de ápice do vulcanismo no Eoceno, de acordo com datações Ar-Ar para estas rochas. Estes números confirmam a idade proposta por Cordani e Blazekovit (1970) para o arquipélago dos Abrolhos.

#### **4.4) OS RELEVOS VULCÂNICOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA: A FORMAÇÃO MESSEJANA**

##### **4.4.1) Gênese: Vulcanismo Central (*hot spot*) ou Vulcanismo Fissural?**

Antes de mencionar o que traz a bibliografia a respeito da origem destes relevos, adotaremos neste trabalho a denominação de “Formação”, remetendo à primeira alusão feita por Vandomos e Oliveira (1968). Entretanto, poder-se-ia chamá-la também de “Província Alcalina”,

pois, segundo Almeida (1983), para se ter esta denominação de província, os relevos de rochas alcalinas devem manter entre si relações petrográficas e estarem relacionados ao mesmo evento de origem, sejam arcos, flexuras, zonas de falhas ou rifts, o que de fato, acontece em nossa área de estudo.

Visto anteriormente, a palavra vulcanismo é empregada quando o magma extravasa a superfície terrestre. Definido por Szabó et al. (2003), magma é qualquer material rochoso fundido, de consistência pastosa, que apresenta uma mobilidade potencial, e que, ao consolidar, constitui as rochas ígneas (ou magmáticas), e a partir da composição deste magma e de seu ambiente de consolidação é que se define a composição mineralógica e a classificação petrográfica das rochas (figura 2.3).

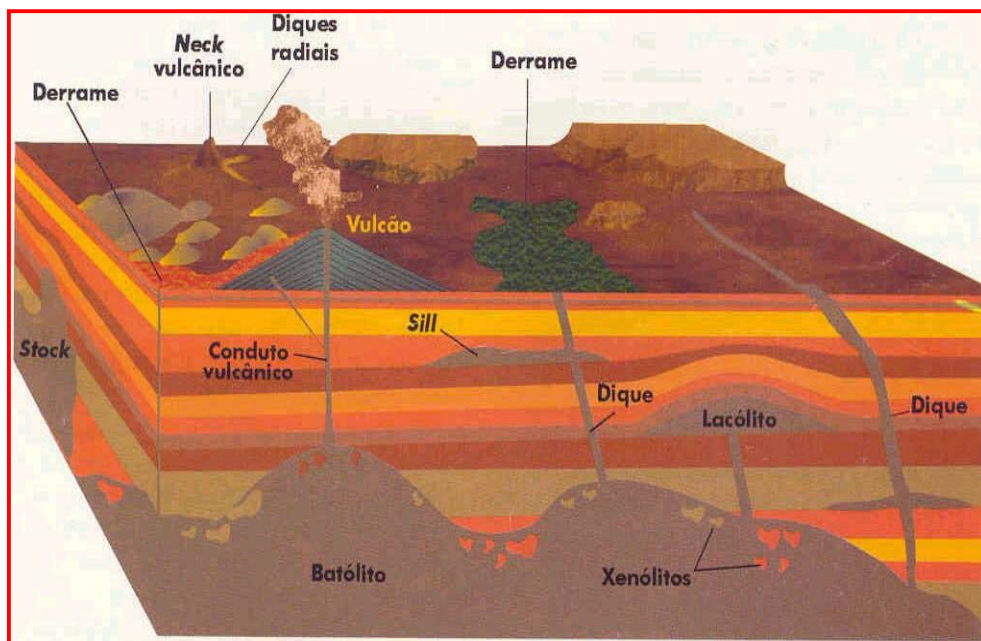


FIGURA-2.3 Desenho esquemático mostrando as formas de ocorrências de rochas magmáticas. Fonte: Decifrando a terra, 2003.

A consistência física de um magma, que se reflete na sua mobilidade, é função de diversos parâmetros: composição química, grau de cristalinidade (em que proporção o magma contém material já cristalizado), teor de voláteis dissolvidos e a temperatura em que se encontra. Os magmas têm, majoritariamente, composição silicática, sendo além de O e Si, o Al, Ca, Fe,

Mg, Na, K, Mn, Ti e P, seus principais componentes, formando, assim, de acordo com o peso em % de cada elemento, os três principais tipos de magmas; granitos, andesitos e basaltos (figura 2.4).

Esta variedade de magmas (e, por conseqüência, das rochas ígneas em geral) é fruto dos seus próprios processos geradores como área fonte, ou seja, do tipo de rocha cuja fusão produz o magma e da taxa de fusão desta rocha geradora. Contudo, a profundidade em que ocorre a fusão também é um fator importante, que pode influenciar significativamente a composição dos magmas produzidos. A viscosidade dos magmas silicáticos aumenta com: o aumento de teor de sílica; a redução da temperatura e a diminuição do conteúdo de voláteis (SZABÓ et al., 2003).

Rocha/Magma	Granito	Andesito	Basalto
<b>Óxido</b>			
SiO <sub>2</sub>	72,08	54,20	50,83
TiO <sub>2</sub>	0,37	1,31	2,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,86	17,17	14,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,86	3,48	2,88
FeO	1,67	5,49	9,05
MnO	0,06	0,15	0,18
MgO	0,52	4,36	6,34
CaO	1,33	7,92	10,42
Na <sub>2</sub> O	3,08	3,67	2,23
K <sub>2</sub> O	5,46	1,11	0,82
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18	0,28	0,23
H <sub>2</sub> O	0,53	0,86	0,91
Total	100,00	100,00	100,00

FIGURA-2.4 Exemplos de composição média de rochas ígneas consolidadas a partir de magmas graníticos, andesíticos e basálticos (valores em % em peso). Fonte: Decifrando a terra, 2003.

Definido por Braun (2005), vulcão é um cone ou elevação do terreno por onde são lançados gases e fumaças, cinzas, pedras e lavas ainda incandescentes, dividindo-se basicamente em três partes: a chaminé, o cone vulcânico ou eruptivo e a cratera (figura 2.5), sendo que tais tipos de eventos vulcânicos, no Brasil, se deram desde o Arqueano até o Cenozóico.



**FIGURA-2.5** Foto ilustrativa destacando a morfologia de um vulcão. Foto do Kilauea, no Hawaí. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/tec>

De acordo Teixeira (2003), as formas topográficas vulcânicas dependem em parte da composição química, do conteúdo de gases, da viscosidade e temperatura das lavas. Lavas pouco viscosa constituem edifícios vulcânicos com flancos suaves, ou ainda derrames extensos e espessos. Já as lavas muito viscosas não fluem com facilidade, o que resulta em edifícios com flancos íngremes constituídos, em geral, pelo material fragmentado por explosões. Leinz e Amaral (1987) nos chamam a atenção, que a direção preferencial dos ventos durante as explosões pode provocar formas irregulares e a erosão posterior modifica frequentemente a forma ideal do cone, sobretudo, nos vulcões extintos.

Leinz e Amaral (1987) definem as principais características das partes de um vulcão, como sendo (1) a cratera, uma boca afunilada que se forma graças à explosão que se verifica no início da atividade, e, representa o local de extravasamento do magma e demais produtos associados. (2) a chaminé, ou conduto magmático, é a adutora do material vulcânico que se localiza em profundidade e o (3) cone vulcânico, que representa o realce topográfico da chaminé.

As atividades vulcânicas podem ser classificadas como fissurais e centrais, em função de sua localização em relação às placas litosféricas e ao tipo de seus produtos. Nas erupções fissurais, não há formação de um cone vulcânico, originam-se, normalmente, na astenosfera e são

denominadas de vulcanismo de rift por guardarem associação com sistemas de falhamentos subverticais de vales submarinos ao longo das cadeias montanhosas meso-oceânicas (TEIXEIRA, 2003).

Quanto às erupções centrais, o mesmo autor menciona que este estilo eruptivo com a formação de edifício vulcânico está condicionado à presença de um magma de composição mais félsica (Com altos teores de Si, Al, Na e K), as camadas alternadas e sucessivas de lava e fluxos piroclásticos constroem um cone enorme com perfil íngreme e simétrico, fruto da alta viscosidade do magma. Os domos vulcânicos são típicos de erupções centrais, e resultam de lavas félsicas extremamente viscosas. Por último, temos os pontos quentes ou *hot spot* (conceito introduzido pelos pesquisadores norte-americanos Jason Morgam e Tuzo Wilson), que representa apenas 5% dos vulcões ativos da terra e situam-se no interior de placas litosféricas.

Segundo Tassinari (2003) *hot spot* são pontos quentes existentes no interior do manto, que registram atividades magmáticas ligadas à ascensão de material quente, ou plumas de convecção originadas em profundidades diversas.

Branco (1992), explicando este tipo de fenômeno, conclui que com o deslocamento da crosta sobre um ponto quente, a saída de material sobre a crosta muda de posição, deixando um rastro de relevos vulcânicos e marcando o caminho da placa desde que o primeiro vulcão se formou.

Thomaz-Filho et al. (2005), colocam que por se tratar de pontos estacionários situados abaixo da litosfera, os seus traços vulcânicos registram a direção de movimentação da placa litosférica, e se definido a idade de implantação destes corpos ígneos é possível prognosticar, inclusive, a velocidade de movimentação destas placas e o momento em que ocorreram eventuais mudanças de direção da sua movimentação.

A primeira hipótese para a origem da Formação Messejana é defendida por autores como Moreira (1977), Braga et al. (1981), Guimarães et al. (1982), Almeida et al. (1986, 1988), Brito Neves et al. (2003), que associam a origem desta formação a uma zona de fraturas oceânicas relacionada à expansão do assoalho do oceano Atlântico, através da ascensão de magma ao longo de falhas transformantes. Almeida et al. (1988) foram os pioneiros dessa idéia, e, defensores desta teoria.

Com efeito, Almeida et al. (1988) dizem que essa zona de fraturas é responsável pelo alinhamento no qual se localizam diversos montes vulcânicos submarinos que corta o Oceano

Atlântico no nordeste do Brasil, como o Atol das Rocas, o arquipélago de Fernando de Noronha e rochas da Formação Messejana (figura 2.6). Contudo, verifica-se que esta formação situa-se numa posição tectônica particular na área emersa (Onshore), constituindo esse distrito tectono-magmático ótimo exemplo da extensão de uma zona de fratura oceânica à litosfera continental, com desenvolvimento de magmatismo alcalino e sismicidade.

Este alinhamento está orientado aproximadamente segundo o paralelo de 4° de latitude Sul e 32° de longitude Oeste e o morro do Caruru representaria sua extremidade ocidental. O autor atribui a orientação do vulcanismo progredindo de oeste para leste ao longo da cadeia, o que de certo modo concorda com as informações geocronológicas, já que a Formação Messejana, segundo esse dados, data de 30 Ma, enquanto as formações de Fernando de Noronha datam de 11 e 2 Ma.

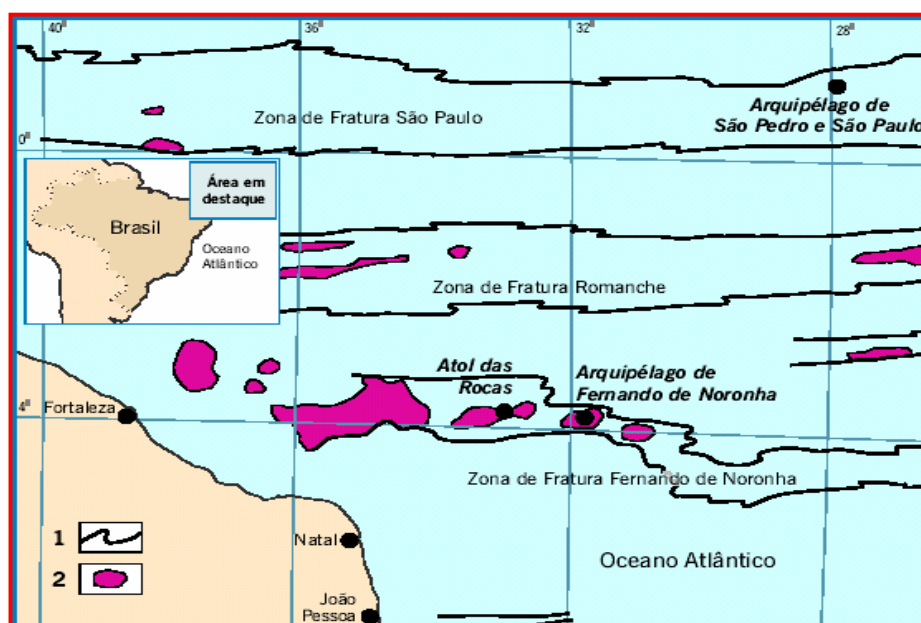


FIGURA-2.6 Região oceânica adjacente ao Nordeste Brasileiro. Observa-se o arquipélago de São Paulo na zona de fratura São Paulo e o possível alinhamento da zona de fratura entre Fernando de Noronha e a Formação Messejana. 1-Limite de zonas de fratura; 2-Rochas magmáticas. Fonte: Almeida, (2006).

Entretanto, existe também uma segunda hipótese conceituada por autores como Fodor et al. (1998), Thomaz-Filho et al. (2000) e Misuzaki et al. (2001), e que pode ser a mais provável. Eles acreditam que a origem da Formação alcalina Messejana tenha se dado através da ação de

um *hot spot*, o mesmo que deu origem a cadeia submarina de Fernando de Noronha. Porém, o arquipélago representaria a última fase de evolução desta pluma mantélica, em razão do deslocamento da placa sul-americana sobre essa anomalia térmica, que além do magmatismo terciário que ocorre no norte do Ceará ainda seria responsável pelo magmatismo nos Estados do Rio Grande do Norte e de Pernambuco.

De acordo com Mizusaki et al. (2001), as rochas magmáticas do tempo Terciário ocorrem longitudinalmente à margem equatorial do Nordeste do Brasil e estão sendo interpretadas na província intraplaca como sendo de processos tectônicos para oeste resultado da divisão da placa da América do sul com a placa da África. A distribuição destas rochas deixa traços da possibilidade de atividade de *hot spot* para este período nesta da área do Nordeste.

Thomaz-Filho et al. (2000), defensores da teoria, afirmam que do Cretáceo superior para o Terciário, durante a fase de deriva da evolução do oceano atlântico sul, as manifestações vulcânicas introduzidas com características alcalinas, assim como a direção linear apresentada pelos sucessivos eventos sugere, atividade de *hot spot*. No Brasil, os melhores exemplos seriam os alinhamentos vulcânicos de Fernando de Noronha (Formação Messejana, Atol das Rocas e o arquipélago de Fernando de Noronha) e as rochas alcalinas de Poços de Caldas/Cabo Frio ligado com a cadeia de Vitória-Trindade (localizada na área oceânica), figura (2.7).



FIGURA-2.7 Localização das principais ilhas vulcânicas e arquipélagos oceânicos brasileiros e distância das capitais mais próximas. Fonte: Almeida, 2006.

Entre as principais razões pela qual esta hipótese pode ser verdadeira acha-se as características morfológicas e geoquímicas dos edifícios vulcânicos da Formação Messejana. Nas erupções fissurais via de regra, o magma ascende por fissuras profundas na crosta e não condiciona normalmente a formação de relevos pontuais (cônicos ou dômicos), o que ocorre com as formas observadas em nosso trabalho sobre os relevos da Formação Messejana, ressalte-se o fato de que estes relevos foram submetidos desde o Oligoceno a processos erosionais que eventualmente alteraram suas características morfológicas originais. Além disso, este tipo de atividade fissural está ligada, sobretudo a cadeias meso-oceânicas.

Em contrapartida, as erupções centrais (*hot spot*) originam edifício vulcânico condicionado à presença de um magma de composição mais félsico (alcalino), confirmado através de análises químicas para as rochas desta formação. Até mesmo Almeida (1986) definindo a orientação da zona de fraturas de Noronha como sendo leste-oeste, chamou a atenção que na zona costeira próxima a Formação Messejana não se observou orientações estruturais nesta mesma direção (E-W), o que não permitiu uma definição quanto sua origem associada à uma zona de fraturas oceânicas.

Reforçando mais ainda a idéia, em trabalho recente, Almeida (2006) após analisar atuação de *hot spot*, sugeriu que em meados do Eoceno (53-33.7 Ma) um *hot spot* teria surgido na região de Fortaleza, ao longo da borda afinada e fraturada da crosta continental em contato com a oceânica, originado por anomalia térmica na astenosfera (figura 2.8). Segundo ele, o *hot spot* teria produzido o vulcanismo representado pelas rochas alcalinas que se expõem nesse distrito magmático. Ele conclui dizendo, que com o prosseguir da deriva da placa para oeste esse ponto quente teria dado origem a cadeia vulcânica marinha, presente na zona de fraturas de Fernando de Noronha, que adentra a margem continental emersa na região de Fortaleza.

Para melhor ilustrar essa anomalia térmica na área, Carneiro et al. (1989) chamam atenção para anomalias geotérmicas situada na região centro-norte do Ceará, estendendo-se desde o litoral até o limite sul do Maciço de Tróia-Tauá e ao norte de Fortaleza. O autor supôs haver correlação entre as anomalias geotérmicas descritas e as áreas de atividades ígneas terciárias do Nordeste Oriental. Para eles, a área do magmatismo pode ser entendida como uma região ainda submetida a condições de resfriamento e de perda de calor em ampla extensão decorridos cerca de 30 Ma. Desta forma, portanto, a região teria tido locais propícios ao fenômeno de *hot spot*.

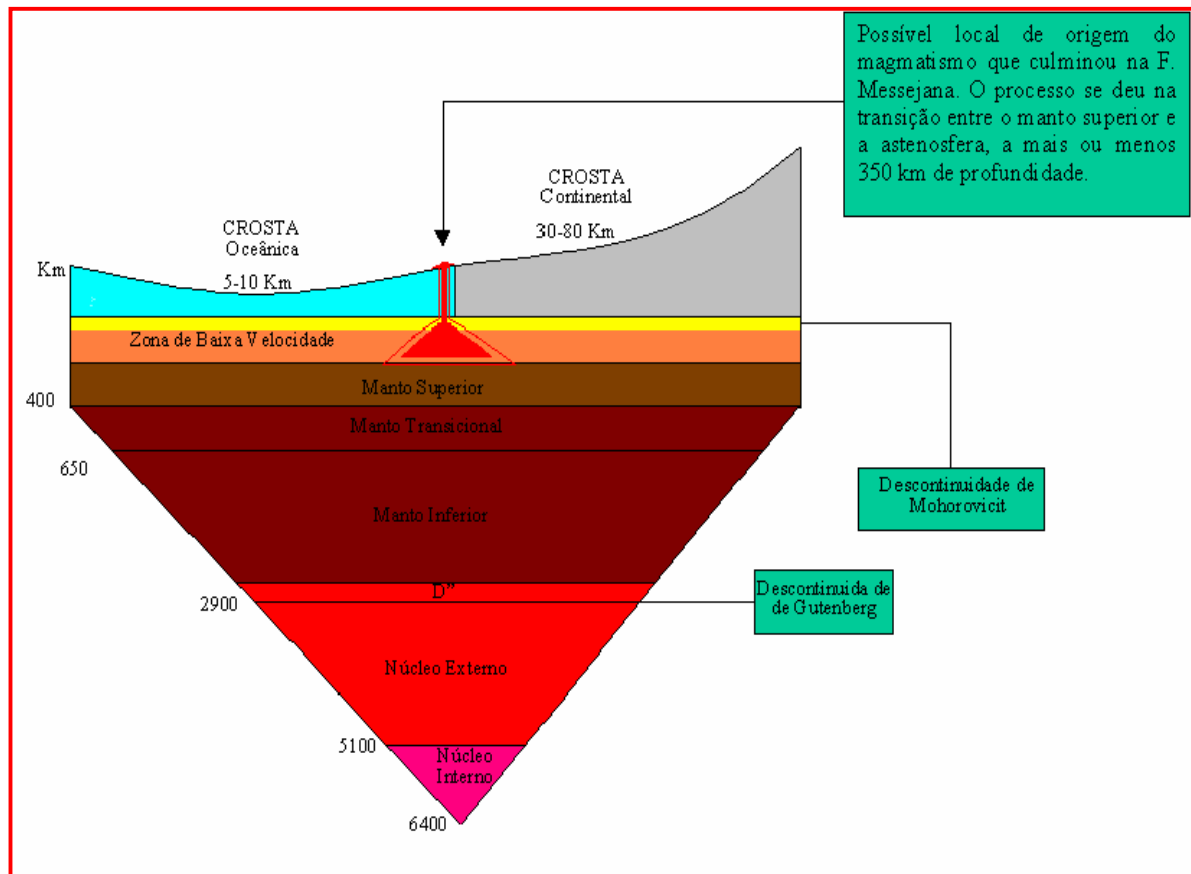


FIGURA-2.8 Diagrama ilustrativo da estrutura interna da terra mostrando o possível local de origem do magmatismo que originou os relevos da Formação Messejana. A grande presença de alcális nas rochas sugerem a origem de um magma mantélico. Adaptado do Decifrando a terra, 2003.

Quanto à forma como se deu a erupção magmática, mesmo tendo a origem associada ao manto superior, isto não implica o caráter explosivo ou efusivo da erupção, dado que ela depende do conteúdo em voláteis do magma e da viscosidade. No entanto, o alto conteúdo de  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  (como veremos adiante) naturalmente ajuda a baixar a viscosidade do magma, o que de certa forma podemos inferir uma erupção mais efusiva, isto é, com um pequeno derrame de lava para o magmatismo ocorrido nesta região.

Nota-se, portanto, que diante das análises bibliográficas e das características morfoquímicas de seus relevos, parece não restar dúvida que a Formação Messejana, originada há trinta milhões de anos, está relacionada à passagem desta área litosférica da placa sulamericana por sobre um *hot spot*.

#### 4.4.2.) Petrologia, Geoquímica das Rochas e Semelhanças com Fernando de Noronha.

Desde sua primeira citação em trabalhos científicos em meados da década de 1950, assim como, dos trabalhos posteriores, as características petrográficas da Formação Messejana tem sido sempre associada com as rochas do Arquipélago de Fernando de Noronha, devido, especialmente, seu conteúdo alcalino.

A variedade composicional das rochas ígneas é conseqüência natural da variedade composicional dos magmas a partir dos quais se consolidaram. A origem dos magmas alcalinos é atribuída a pequenas frações de fusão parcial em níveis relativamente profundos do manto. Suas características dependem do grau de fusão parcial, pressão, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> e voláteis. O caráter alcalino aumenta com a profundidade no manto e com a menor quantidade de fusão parcial ([www.vulcanoticias.hpg.com.br- 14 /11/2007](http://www.vulcanoticias.hpg.com.br-14/11/2007)).

Granitos e basaltos são as rochas ígneas mais representativas da crosta terrestre. Elas podem ser, de acordo com composição química, ácidas, com teor de sílica superior a 66%, intermediárias, com teor de sílica entre 66 e 52%, básicas, com teor de sílica entre 52 e 45% e ultrabásicas, quando o teor de sílica é inferior a 45%. (SZABÓ et al., 2003).

Segundo os mesmos autores, em rochas ácidas e intermediárias, predominam amplamente os minerais félsicos, de cores claras, e com alto teor de Si, Al, Na e K, representados principalmente pelos feldspatos e fedspatóides, além do próprio quartzo. Quanto à relação composicional entre sílica (SiO<sub>2</sub>) e alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), e ao conteúdo em álcalis (Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O), as rochas muito ricas em álcalis apresentam composição mineralógicas peculiares, com minerais máficos de Na e K, e são denominadas rochas alcalinas, e quando possuem fedspatóides, são também chamadas de rochas insaturadas (baixa quantidade) em sílica.

Portanto, rocha alcalina é qualquer rocha que apresente álcalis em excesso na sua composição. Quando a quantidade de álcalis é superior àquela que seria acomodada em feldspatos o excesso aparece na moda como feldspatóide, piroxênio e anfibólio sódicos e outras fases ricas em álcalis.

De acordo com Braga et al. (1981), estudos petrográficos revelaram quatro tipos alcalinos entre as variedades texturais existentes na formação em estudo, são eles: os fonólitos que constituem a maior porcentagem das rochas alcalinas encontradas na área; os traquitos; os tufos que parecem ser os exemplares alcalinos mais raros, já que este tipo de rocha pode estar

relacionado aos materiais que faziam parte do antigo edifício vulcânico, ou a blocos de rochas encaixantes carregadas pelo magma durante sua ascensão, e essexito porfirito em baixa quantidade. Diante das informações, estas rochas estão associadas ao um típico vulcanismo continental alcalino-sódico, muito comum em regiões que não sofrem processos de separação de placas.

Dos quatro tipos de rochas, os fonólitos e os traquitos são as mais comuns. Dana (1984), define os fonólitos como rochas pobres em sílica, manifestando uma maior presença de feldspatóides e afanítica, enquanto o traquito é uma rocha composta principalmente de feldspato alcalino, com carência de quartzo, usualmente apresenta textura porfirítica com fenocristais de sanidina de tamanho milimétrico e de cor avermelhada.

Em trabalho posterior, segundo Guimarães et al. (1982), petrograficamente os fonólitos formam os necks, enquanto os traquitos formam os diques. Texturalmente, as rochas apresentam variações significativas. A textura fluidal ocorre quando os fenocristais e cristais encontram-se aproximadamente alinhados seguindo a direção preferencial do movimento da lava. ([http://pt.wikipedia.org/wiki/tec-22/11/2007.](http://pt.wikipedia.org/wiki/tec-22/11/2007)) sendo observada em quase todas as ocorrências estudadas de fonólitos e traquitos. A razão pela diversidade dos tipos de rochas para a Formação Messejana, de acordo com os mesmos autores, está no fato de ter havido mais de uma atividade ígnea na área.

Mota (1998) caracteriza os fonólitos da área, como rochas macroscopicamente com alterações superficiais, devido ao intemperismo físico que predomina sobre o químico na região, apresentam granulação extremamente fina, formada por microcristais opacos, feldspatos, anfibólios, piroxênios e fedspatóides. Microscopicamente apresentam-se com textura afanítica, composta essencialmente por feldspatos alcalinos com alguns minerais acessórios, enquanto os traquitos são rochas que se apresentam bastante alteradas por processos intempéricos, granulação extremamente fina, em lâmina delgada apresenta textura microlítica traquítica constituída por fenocristais de sanidina, plagioclásios, anfibólios, presença rara de piroxênios, quartzo e alguns minerais acessórios.

Normalmente, as rochas que constituem os edifícios vulcânicos são de granulometria fina (Cristais praticamente imperceptíveis a olho nu). No entanto, por se tratar de corpos intrusivos a granulometria e textura das rochas podem ser bastante variadas, incluindo granulometria fina, média e até grossa. Referente a esta formação, estas rochas foram formadas

próximas a superfície, sendo consideradas subvulcânicas e por se tratar de corpos pequenos, por conseqüência, o resfriamento do magma se dará em uma velocidade maior, deste feito, sua granulometria tenderá a fina, como comentado acima.

Outro dado a se considerar a partir destas informações granulométricas, refere-se a profundidade de consolidação do magma, isto é, rochas de granulação fina como as da formação, infere uma profundidade rasa de solidificação. Szabó et. al (2003), definem para estas características uma profundidade de intrusão não superior a algumas dezenas ou raras vezes a centenas de metros de profundidade.

Quimicamente a Formação Messejana apresenta-se, segundo Guimarães (1982) com uma baixa quantidade de sílica, o que acarreta um alto teor de álcalis (Sódio e Potássio), podendo ser incluída entre as mais alcalinas e sálicas (ricas em sódio) de idade Terciária conhecida no Nordeste, como mostra o quadro 2.

Localização	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Serrote Japarara (fn-180)	56,95	0,21	20,50	1,25	2,07	0,15	0,07	0,80	8,95	5,80	0,06
Serrote Preto (fn-181)	58,45	0,29	20,75	1,65	1,00	0,09	0,06	0,53	8,36	5,78	0,05
Serrote Salgadinho (fn-183)	58,65	0,38	19,60	1,70	1,28	0,15	0,21	1,25	7,35	6,49	0,06
Serrote Caruru (fn-11)	54,5	0,34	21,1	1,02	1,46	0,18	0,13	0,97	9,37	5,97	0,08
Ancuri (fn-93)	57,80	0,25	21,80	1,65	1,00	0,09	0,06	0,53	8,36	5,78	0,05
Poção (fn-184)	55,20	0,19	20,80	1,70	1,57	0,10	0,09	0,60	9,96	5,43	-
Pão-de-açúcar (fn-185)	56,00	0,19	20,70	1,70	1,14	0,11	0,06	0,56	11,42	6,05	0,05

QUADRO-2 Análises químicas em amostras de alguns fonólitos e traquitos dos relevos vulcânicos da RMF feitos por Guimarães et. al. (1982) na Universidade de São Paulo. Segundo Mota (1998), os valores de Na<sub>2</sub>O de até 11,42%, sendo que em todas as amostras o valor de Na<sub>2</sub>O é maior do que o de K<sub>2</sub>O indica um alto enriquecimento em álcalis.

Além destas análises químicas das rochas, Vандoros e Oliveira (1968) haviam determinado por meio do método de K-Ar realizado na USP utilizando o mineral feldspato potássico do relevo Caruru à idade Terciária. Cordani (1970, apud ALMEIDA et al., 1988) pelo mesmo método determinou a idade de 29,9 Ma para esta Formação. Com as análises petrológicas

e químicas anteriores, já se tinha a idéia da semelhança com as rochas de Fernando de Noronha, o que foi reforçado mais ainda com este resultado geocronológico de idade oligocênica.

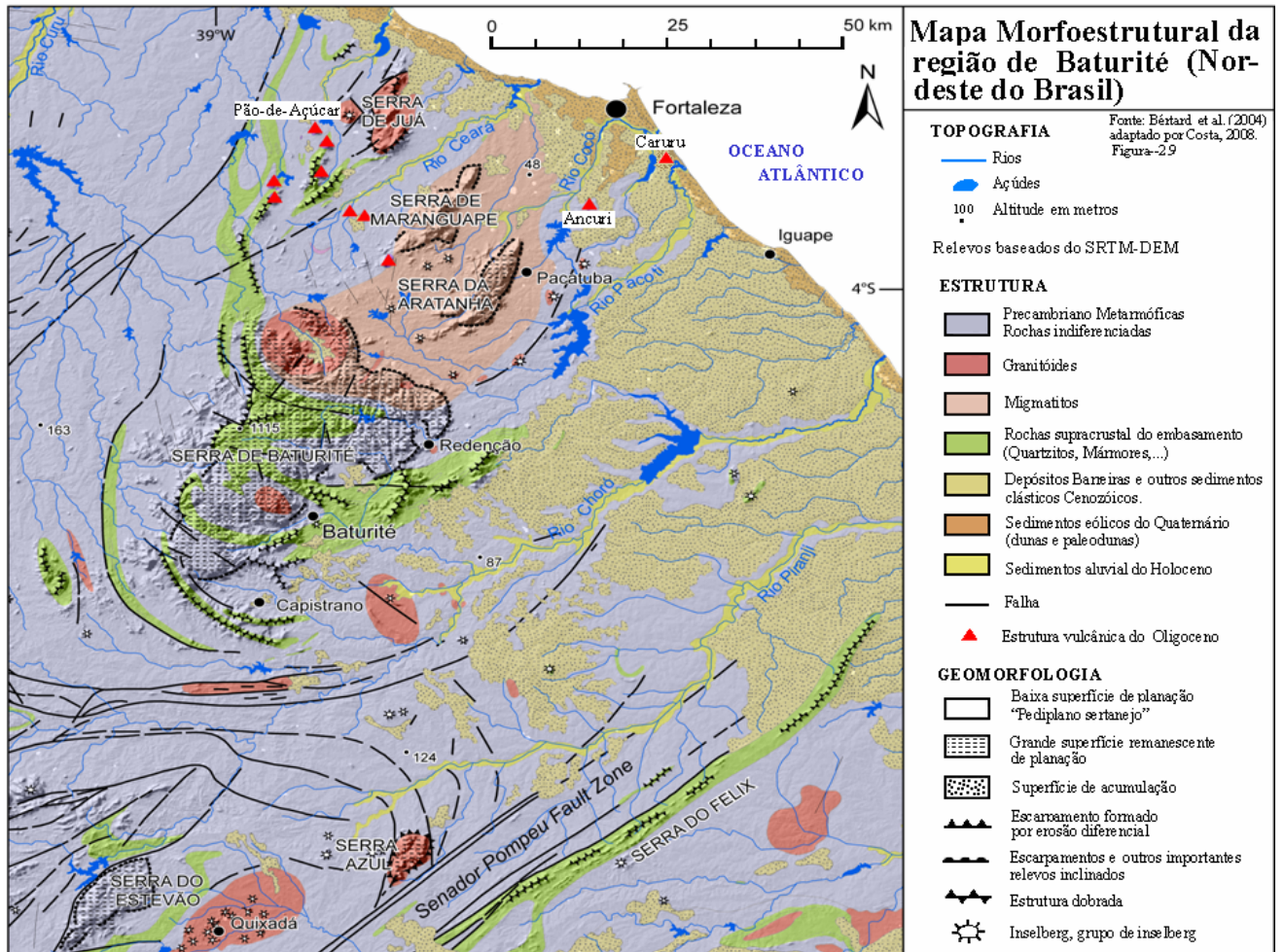
#### 4.4.3) Distribuição Geográfica e Morfologia dos Relevos

O estudo a respeito das distribuições geográficas de relevos vulcânicos durante muito tempo foi alvo de diversas interpretações, porém o avanço da geofísica trouxe subsídios a favor de conceitos e teorias que facilitaram a interpretação mais eficiente deste tipo de fenômeno.

Neste tocante, Almeida et al. (1988) nos alertam da possibilidade de que diversas relações têm sido apontadas entre os fenômenos magmáticos mesozóico-cenozóicos e feições tectônicas, sejam antigas e/ou reativadas, sejam geradas no pós-paleozóico. O referido autor (1986), deixa bem claro que o controle tectônico influencia na distribuição geográfica dos centros magmáticos, concluindo que os fenômenos têm caráter herdado de feições tectônicas pretéritas. Segundo Carneiro et al. (1989) deve-se considerar a influência de planos de fraqueza preexistentes na crosta na forma de falhas e alinhamentos, sobre a dissipação de esforços tectônicos. Em trabalho posterior, Almeida (2006) define para os relevos vulcânicos oceânicos originados em zonas de fraturas, que a estrutura tectônica da litosfera oceânica teve decisiva influência na origem e localização geográfica destes relevos.

Passos e Gomes (1979) descrevendo o mecanismo de erupção do Salgadinho, um dos corpos vulcânicos da Formação Messejana, atentam que os diques de natureza alcalina, posicionaram-se ao longo de fraturas simples, enquanto os necks introduziram-se numa zona de tensão relativa, correspondente à junção de duas ou mais fraturas. Estas fraturas estão relacionadas a eventos tectônicos ocorridos no Pré-cambriano, sujeitos a reativações posteriores, a última das quais no Terciário. Braga et al. (1981), acrescentam ainda que estes diques de rochas alcalinas resultam de injeções sucessivas do mesmo tipo de rocha numa única fratura e ocorrem com maior frequência concordante com a estrutura regional, alinhados segundo direção NE-SW.

Os corpos vulcânicos pertencentes à Formação Messejana (entre necks e diques), encontram-se distribuídos em forma de arco ao redor da cidade de Fortaleza, em alguns dos municípios de sua região metropolitana, como Eusébio, Itaitinga, Maranguape e Caucaia (figura 2.9). Muito destes relevos localizam-se em terrenos particulares, o que de certa forma, dificulta uma maior acessibilidade e uma pesquisa mais apurada dos mesmos.



A disposição em arco destes relevos vulcânicos, correspondendo à extensão da área de extrusão do magma em direção ao interior do continente, eventualmente pode ter sido controlada pela ocorrência de litosfera mais espessa no setor do maciço de Baturité e suas vertentes costeiras (Serras da Aratanha e Maranguape), que serve como divisor dos relevos localizados a leste daqueles situados a oeste.

Quanto à estrutura, os relevos da Formação Messejana são formados por necks e diques. Tais estruturas após passarem por processos superficiais denudacionais originaram formas particulares. Neste sentido, os necks originaram serrotes de formas circulares, cônicas e elipsoidais, com dimensões de até 1,5 km<sup>2</sup> e apresentam características morfológicas relevantes, que os tornam propícios a aparecerem, especialmente em mapeamentos de natureza geológica e morfoestrutural feitos nos últimos quinze anos. Enquanto os diques, aqueles de maior porte constituem ondulações ou cristas estreitas e alongadas, com extensão não superior a 1 km e largura máxima de 50 metros, enquanto aqueles menores muitas vezes não podem ser representados nos mapas geológicos devido às suas dimensões reduzidas.

Por estas diversas formas, estes relevos não apresentam feições bem definidas que possam de certa forma, definir um padrão ou um modelo mais preciso para esta formação. Para se ter uma caracterização geológica e geomorfológica satisfatória, seria necessário fazer uma espécie de prospecção física sobre as partes destes relevos que ainda estão em subsuperfície.

No entanto, baseado nas formas em superfície atual, alguns relevos estão representados por necks, designados por Saadi e Torquato, 1992, como Serrote Preto, Arriscada, Porção, Pão-de-açúcar, Salgadinho, Japarara, Ancuri e Caruru. Todos os relevos vulcânicos se caracterizam por apresentarem extensões e altitudes bem diferentes, as vertentes íngremes em conjunto com as condições climáticas reinantes na área, do tipo semi-árido a sub-úmido (Zanella, 2005), funcionam como barreiras para a formação de solos bem desenvolvidos.

Por exemplo, o serrote Caruru apresenta 350m de extensão e 59m de altitude (figura 2.10A). O Ancuri apresenta aproximadamente 2 Km de extensão por 119m de altitude (figura 2.10B). O Pão-de-Açúcar se apresenta bastante reduzido, com apenas 49m de altitude e 160m de comprimento (figura 2.10C). Por último o Japarara, localizado na extremidade sul de Maranguape, mede aproximadamente 2 km de extensão e 450m de altitude (figura 2.10D) tendo vertentes dissimétricas e topo aguçado.

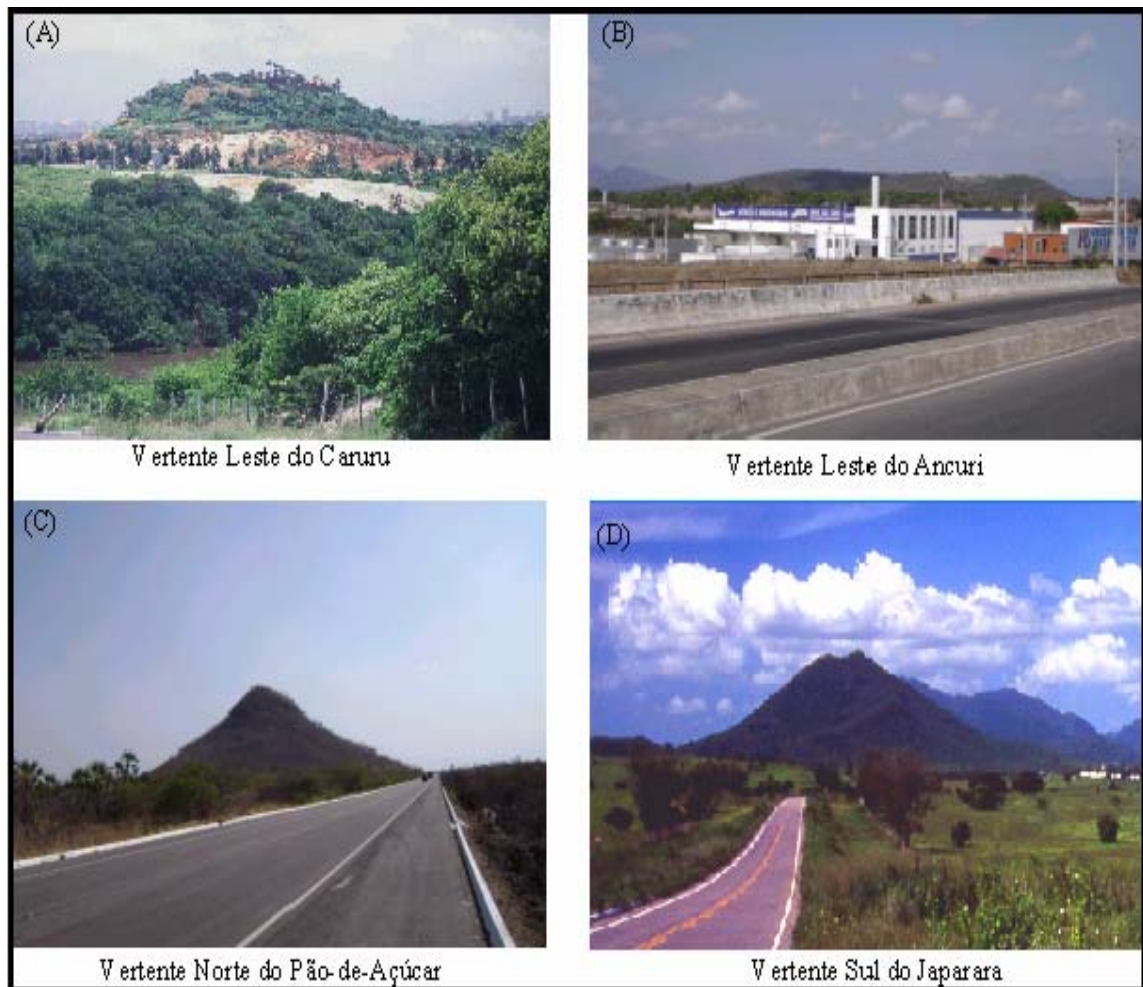


FIGURA-2.10 Visão Comparativa da morfologia entre os relevos vulcânicos do Japarara e Caruru. Fotos: Costa, 2007.

#### 4.4.4) A Erosão ao Longo do Terciário.

A modelagem da superfície da terra é resultante do trabalho contínuo causado pelo antagonismo entre as forças internas e externas, ou seja, as forças internas criam o relevo e as forças externas através dos processos intempéricos e erosivos modificam e modelam o relevo nos diferentes pontos da terra.

Karátson (1996), afirma que a erosão modifica a superfície terrestre em todos os seus aspectos e que estratos vulcões degradados em clima continental oferecem um excelente ponto de início para cálculos de erosão da área no qual eles se inserem.

Braun (2005) afirma que por ser uma elevação o vulcão é o primeiro a ser destruído pela erosão e no Brasil nenhuma elevação vulcânica persistiria na superfície topográfica por mais de 40 milhões de anos, pois o período Terciário no Brasil caracterizou-se por intensos processos erosivos, formando extensas superfícies de aplainamento, numa situação semelhante ao início do Cretáceo Médio.

Tratando de erosão em relevos vulcânicos, Motoki et al. (2005) afirmam que os edifícios vulcânicos perdem sua forma original por meio da erosão, que além de remover os materiais dos edifícios, também remove sedimentos da superfície regional ocasionado pelo abaixamento relativo do nível de base da erosão. Com a passagem do tempo, a erosão chega a estágios avançados, sobressaindo na superfície atual da terra a sua, até então, estrutura interna, tais como conduto vulcânico, fissura vulcânica, domo vulcânico e câmara magmática.

Os autores concluem que quando a denudação é ainda mais avançada, o edifício vulcânico é completamente eliminado e somente os corpos sub-vulcânicos, tais como dique e neck, são expostos. Neste caso, sem edifício vulcânico remanescente, a profundidade da intrusão ou da denudação não é fácil de ser estimada, pois estas informações são inferidas e mais precisas somente por meio de estudos geomorfológicos regionais e datação de traço de fissão para apatita.

Quanto às formas presentes atualmente no relevo da RMF, pode se afirmar que estas são a parte de corpos sub-vulcânicos que se solidificou dentro das antigas chaminés dos vulcões, e que foi exposta à superfície paulatinamente após a parte externa vulcânica sofrer erosão ao longo de milhares de anos. Todos os necks da formação se enquadram perfeitamente nesta situação, especialmente, o do Pão-de-açúcar devido sua característica cônica como mostra a figura 2.11.

Constata-se que, após a erosão que destruiu os condutos vulcânicos, certamente os relevos em questão sofreram mudanças de altura, mesmo as rochas fonolíticas apresentarem resistência ao intemperismo, e ao clima regional ser de características semi-árido. Tal fato apoia-se que alguns dos relevos (Caruru e Ancuri) estão próximos do nível de base geral, e sobretudo no Mioceno com a sedimentação Barreiras, o nível de base subiu na área de estudo, sendo rebaixado outras vezes no Quaternário em função das mudanças glácio-eustáticas.

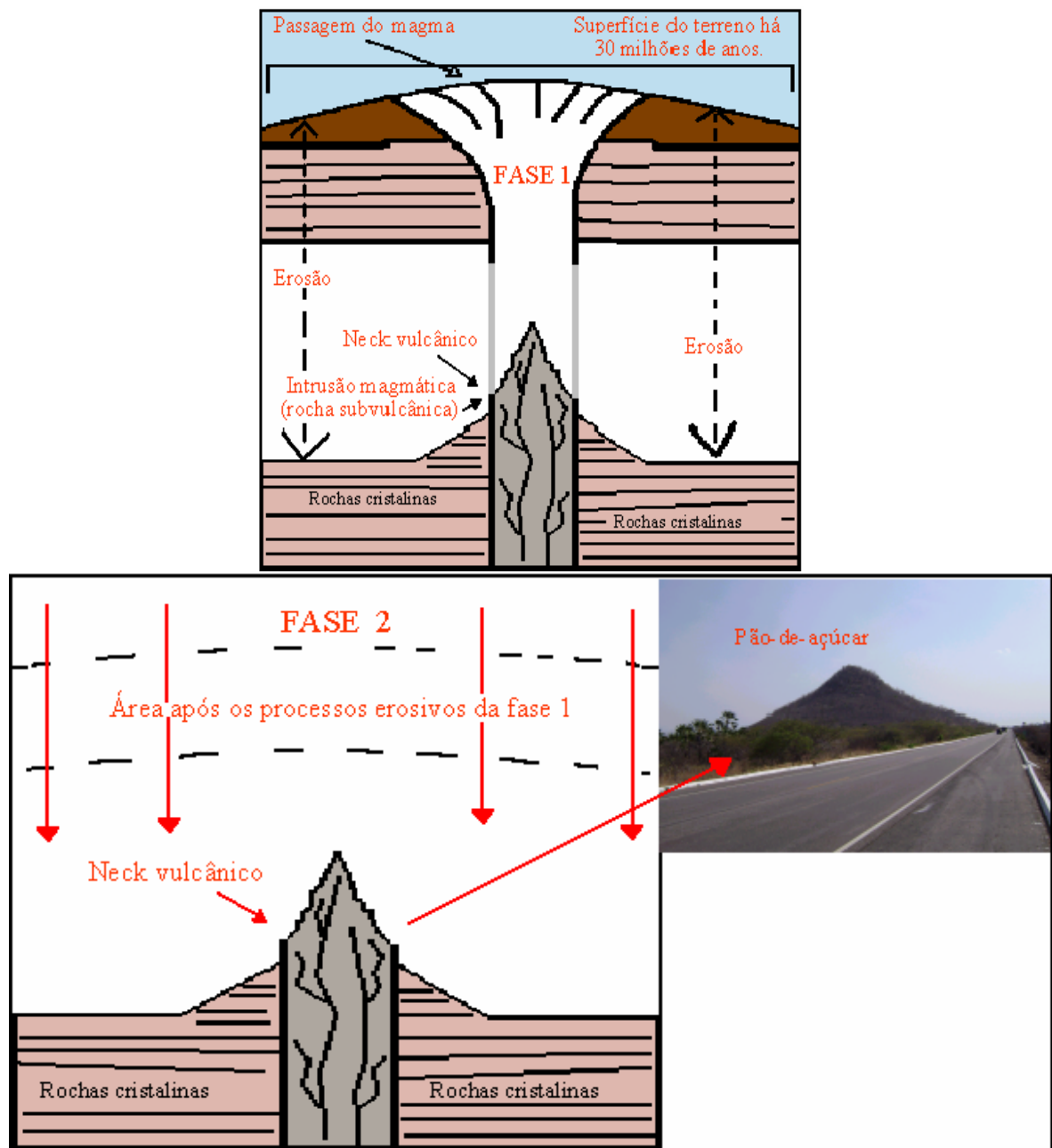


FIGURA-2.11 Ilustração mostrando a evolução dos processos erosivos até a exposição das rochas consolidadas dentro de antigos condutos vulcânicos. Costa, 2008.

Conforme explicado linhas atrás, por não apresentar vestígios dos antigos edifícios vulcânicos percebe-se, portanto, a dificuldade que se tem de obter uma resposta satisfatória da taxa de erosão da Formação Messejana, assim como, estimar a parte ainda que se encontra em subsuperfície destes relevos.

Contudo, baseado em estudos gerais sobre taxa de erosão no mundo, pode se calcular a taxa de erosão para esta área. Maurin e Renaud (2002) calculam uma taxa de erosão para algumas regiões da França, formadas por rochas cristalinas e submetidas a clima temperado, em torno de 25m a cada 1 Ma, o que daria em torno de 750m de erosão em 30 Ma.

Baseado na conjugação de quatro fatores: I) baixa magnitude crustal, II) baixa amplitude de deformação crustal e baixa topografia do relevo, III) heterogeneidade litológica e IV) predominância de clima semi-árido, Peulvast et al. (2008) calcularam para a região Nordeste do Brasil, em particular para o Estado do Ceará, uma taxa de erosão da ordem de 10m a cada 1 Ma, o que implica um total de 300m de erosão para esta área do Ceará nos últimos 30 Ma, época do vulcanismo.

Portanto, diante destas análises, pode ser inferida uma taxa de erosão entre 300m e 700m para uma determinada região. Todavia, área em questão se enquadra na região de estudos do segundo grupo de pesquisadores, tendo assim, uma taxa de erosão em torno de 300m desde que os processos vulcânicos se iniciaram. Nesta lógica, baseado nos 59m de altitude do atual relevo, pode se ilustrar a área em torno do Caruru e a altitude da superfície local-regional há 30 Ma, como mostra a figura 2.12.

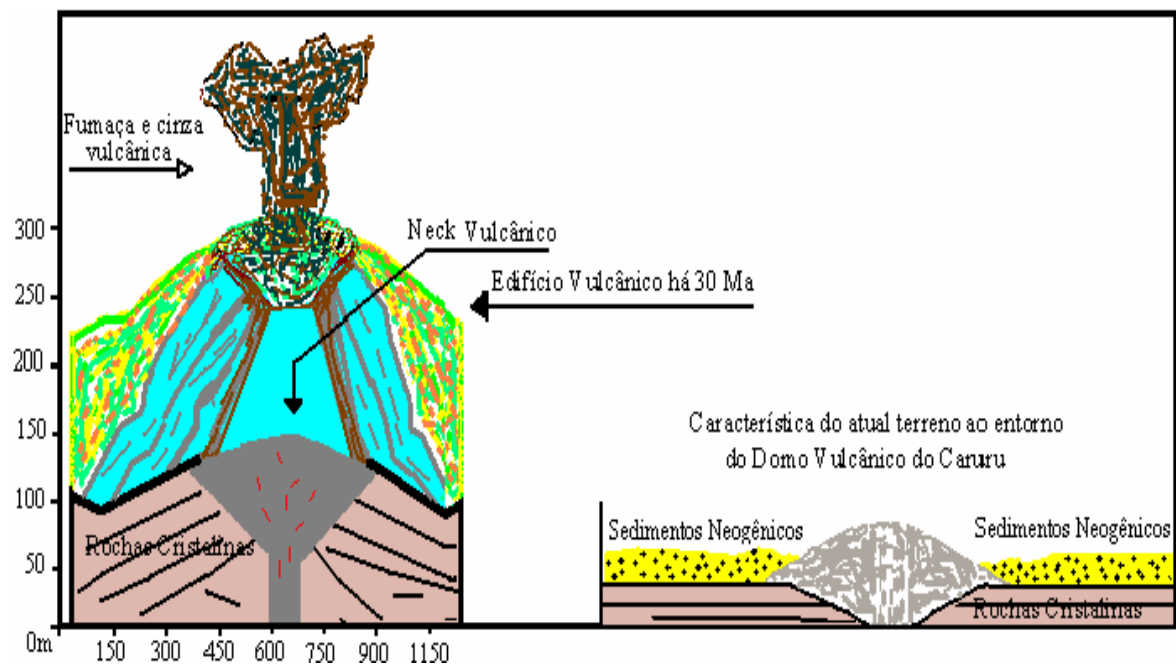


FIGURA-2.12 Modelo ilustrativo da evolução da área onde se insere o relevo vulcânico do Caruru. Costa, 2008.

Neste contexto, outra questão importante levantada é a idade da erosão do relevo. Para o serrote do Caruru, a Formação Barreiras pode servir de importante base para estimá-la. Além da importância natural, que advém da sua singularidade enquanto relevo vulcânico, o Caruru possibilita a recomposição da evolução morfológica regional e local, por se apresentar como referência entre paisagem pré-depósito Barreiras e paisagem pós-depósito Barreiras (figura anterior).

Saadi e Torquato (1992) relacionam a deposição Cenozóica (Barreiras) como importante critério de interpretação morfotectônica da área costeira nordestina, considerando registros de atividades que esses depósitos apresentam. No caso da faixa litorânea cearense, esta deposição apresenta-se com um significativo estreitamento na região de Fortaleza. Tal fato, talvez se explique através da ocorrência de uma erosão mais acentuada em resposta a um eventual soerguimento do compartimento central da região após esta deposição (soerguimento neogênico ou neotectônica).

Outra explicação para esse estreitamento da Formação Barreiras no entorno de Fortaleza seria o obstáculo à deposição criado pelos maciços costeiros aí existentes, enquanto nos compartimentos marginais, devido a tendência à subsidência relativa, há uma maior preservação dos remanescentes dessa cobertura.

Para Peulvast e Claudino-Sales (2006), a formação e a preservação parcial dos sedimentos Barreiras poderiam ser explicadas, além das mudanças climáticas do Terciário Superior, também pela subsidência de uma faixa litorânea previamente aplainada que fornecera espaço de acomodação apropriado para a sedimentação desses detritos, que migraram para a zona costeira e prograram até a plataforma continental interna.

Dando grande importância à Formação Barreiras Lima (1990 apud HASUI, 2000), afirma que esta formação se coloca como um dos marcos da origem do neotectonismo no Brasil. Trabalhando neste sentido, Bezerra et al. (2001) colocam que esta formação no Nordeste do Brasil, encontra-se deformada pela geração de falhas recentes e de algumas pré-cambrianas reativadas durante o Terciário. Quanto à idade os autores mencionam que através de estudos de paleomagnetismo e micropólen esta formação data do Mioceno ao Plioceno (23.3-1.7).

O estudo mais detalhado desta formação pode fornecer dados importantes a cerca do último estágio da evolução da paisagem regional, correspondendo, segundo abordagens clássicas, como às últimas fases de aplainamento do interior do continente (PEULVAST E CLAUDINO-

SALES, 2004). Todavia, para Arai (2006), sua regularidade no modo de ocorrência e na característica litológica é incompatível com a origem continental apregoada tradicionalmente.

Porém, estudos sistemáticos revelando irrefutavelmente o caráter marinho do Barreiras começaram a surgir somente a partir dos anos 80 no Norte do Brasil. Porém, a região Nordeste ainda não revelou evidências contundentes de caráter marinho, limitando-se apenas fácies sugestivas de ambiente transicional.

Tal contexto das controvérsias quanto à origem e idade decorre da falta de estudos mais detalhados sobre a origem e características morfo-pedológicas desta Formação. Entretanto, dos anos 1990 em diante, há uma crescente preocupação no seio da comunidade científica pelo desvendamento e compreensão neste sentido e as novas técnicas de análise estratigráfica e sedimentológica são imprescindíveis neste processo.

Diante do quadro exposto e da idade postulada por Arai (2006), no qual a origem da Formação Barreiras representaria no mínimo dois episódios, sendo um datado do Oligo-Mioceno (20 Ma) e outro do Mioceno médio (5-7 Ma), considerando-se ao mesmo tempo a existência do Barreiras realizado diretamente em contato com o neck e a primeira idade referida do depósito de 20 Ma, este fato indicaria que o edifício vulcânico foi erodido antes dessa deposição, portanto, pode-se calcular um intervalo de 10 Ma de anos para o termo dessa erosão. No entanto, caso a Formação Barreiras da área date de 5-7 Ma, em virtude da proximidade da linha de costa atual, este relevo esteve submetido a mais de uma fase de intemperismo e denudação.

Raciocínio inverso pode ser aplicado à explanação da erosão do cone vulcânico, provavelmente rápida, considerando-se que a deposição da Formação Barreiras já se deu em contato direto com o neck. Com efeito, o fato de ter ocorrido a deposição da Formação Barreiras em contato com este relevo sugere (1) que os depósitos Barreiras não podem ser mais antigos que 30 Ma, idade do vulcanismo, (2) o edifício vulcânico foi erodido em intervalo de tempo da ordem máxima de dez milhões de anos.

Caso o Barreiras local date do Mioceno médio, a erosão do edifício e do relevo teria em torno de 25 Ma, em se considerando essa premissa. Desta forma, sendo o Barreiras uma expressão direta de acumulações oriundas de erosão em relevos tanto de áreas fontes distais como proximais, o relevo em questão pode ter servido de uma área fonte para os sedimentos Barreiras imediatamente contíguos a este corpo.

# CAPÍTULO 5: CAPÍTULO 5:

## **Caracterização dos relevos Caruru, Ancuri e Pão-de-açúcar.**



(Ca, Fe-Mg) menos de 10%. O quadro abaixo (3) compara amostra do Caruru feita por Josepha L. Harris e de Fernando de Noronha feita por Almeida em 1955.

	1	2
SiO <sub>2</sub>	55,10	53,73
TiO <sub>2</sub>	0,46	0,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,90	21,49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,50	2,23
FeO	1,50	0,75
MnO	0,15	0,17
MgO	0,49	1,00
CaO	1,80	1,79
Na <sub>2</sub> O	8,20	8,56
K <sub>2</sub> O	6,60	5,12
H <sub>2</sub> O+	2,80	3,30
H <sub>2</sub> O-	0,23	0,82
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,36
CO <sub>2</sub>	0,18	—
Total	100,03	100,25

QUADRO-3 Mostrando análises químicas tanto do Caruru como de Fernando de Noronha, através do método K-Ar realizadas na Universidade de São Paulo. FONTE: Vandoros e Oliveira, (1968).  
1—Fonólito de Messejana. 2—Média de 5 análises de fonólito de Fernando de Noronha

Através destes resultados e comprovadas as semelhanças minerais, Almeida (1958, apud VANDOROS E OLIVEIRA, 1968) associou que o relevo seria a extremidade ocidental no continente de um alinhamento de vulcões que se estenderia à altura do paralelo de 4º de latitude sul, do alinhamento de altos fundos, o mesmo que deu origem ao Arquipélago de Noronha (exposto no capítulo 4). Relacionado à cor da rocha, como a quantidade de minerais máficos (Ca-Fe-Mg) confere uma cor escura, a baixa quantidade desses minerais infere as rochas do Caruru cores mais claras, representado principalmente pelos feldspatos (50%).

Em trabalho posterior Braga et. al (1981) fala que além do fonólito descrito por Vandoros e Oliveira (1968), foram observados, ainda, blocos de rochas com características peculiares aos tufos, mostrando pelo menos duas bruscas variações texturais numa mesma amostra, apresentando-se mais básica que as alcalinas dos outros relevos, ou seja, possui uma menor quantidade de sílica. Tais características foram confirmadas mais adiante por Guimarães et al. (1982). De acordo com o quadro 3.1, observa-se ainda, um grande enriquecimento no teor de sódio (Na<sub>2</sub>O), potássio (K<sub>2</sub>O) e alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Caruru (fn-11)	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	54,5	0,34	21,1	1,02	1,46	0,18	0,13	0,97	9,37	5,97	0,08

QUADRO-3.1 Resultado da análise química em amostras do fonólito do relevo vulcânico Caruru feitas por Guimarães et al. (1982) no laboratório da Geosol, em Belo Horizonte-MG.

Relacionado aos dados geocronológicos Vandoros e Oliveira (1968) utilizando o método K-Ar (Potássio-Argônio) indicaram idade de 26.6±0.8 Ma e 28.6±0.9 Ma em feldspato, para o fonólito do Serrote Caruru. Portanto, uma idade oligocênica (33,7-23,5 Ma).

## 5.2) ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA

Por se situar na zona costeira, próximo ao estuário do rio Pacoti, este relevo tem sua formação totalmente inserida no contexto geológico da cobertura Cenozóica da Formação Barreiras e dos depósitos eólicos dunares e fluviais que ocorrem ao longo de todo o litoral do Estado do Ceará (figura 3.1). Assim, apresenta um quadro bastante rico do ponto de vista da paisagem geomorfológica que o cerca.

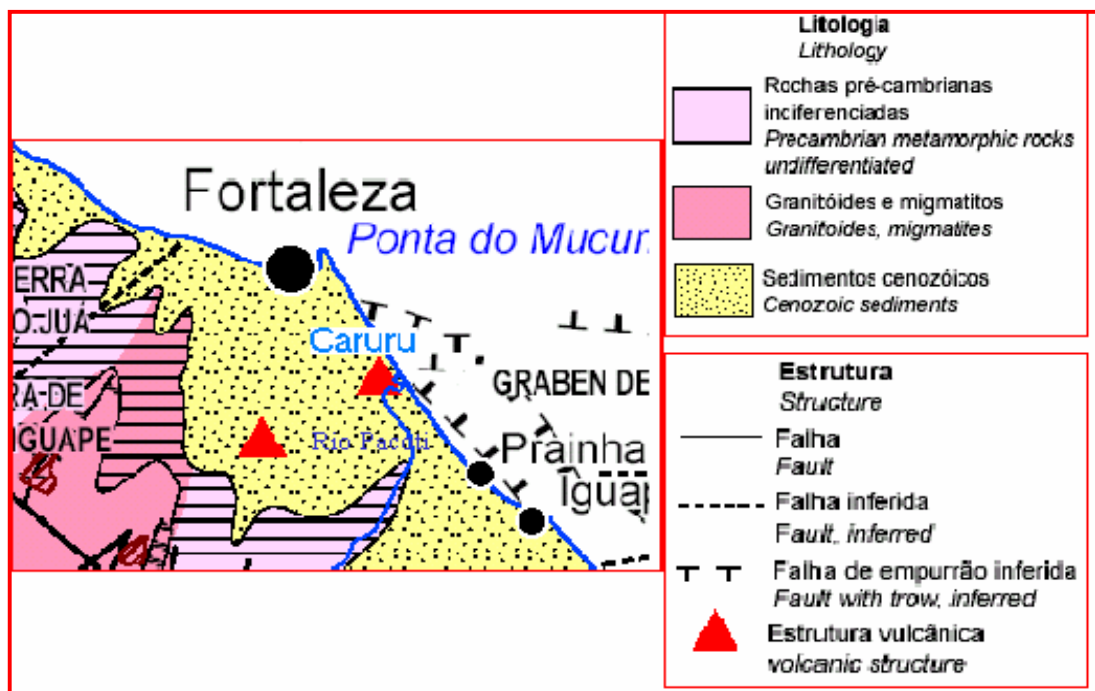


FIGURA-3.1 Esboço Geológico do local onde se localiza o serrote Caruru. Fonte: CPRM, 2003. Adaptado por Costa, 2007.

A figura (3.2), para efeito de ilustração, mostra o ambiente morfológico onde se localiza o relevo vulcânico. Na área, todas as formas, exceto o Caruru, são de origem sedimentar, representada pela grande presença de dunas nas proximidades do corpo. Estas formas apresentam-se quase sempre paralelas ao litoral. A proximidade com o Rio Pacoti e com o Oceano Atlântico torna-se outra particularidade relacionada a este relevo.

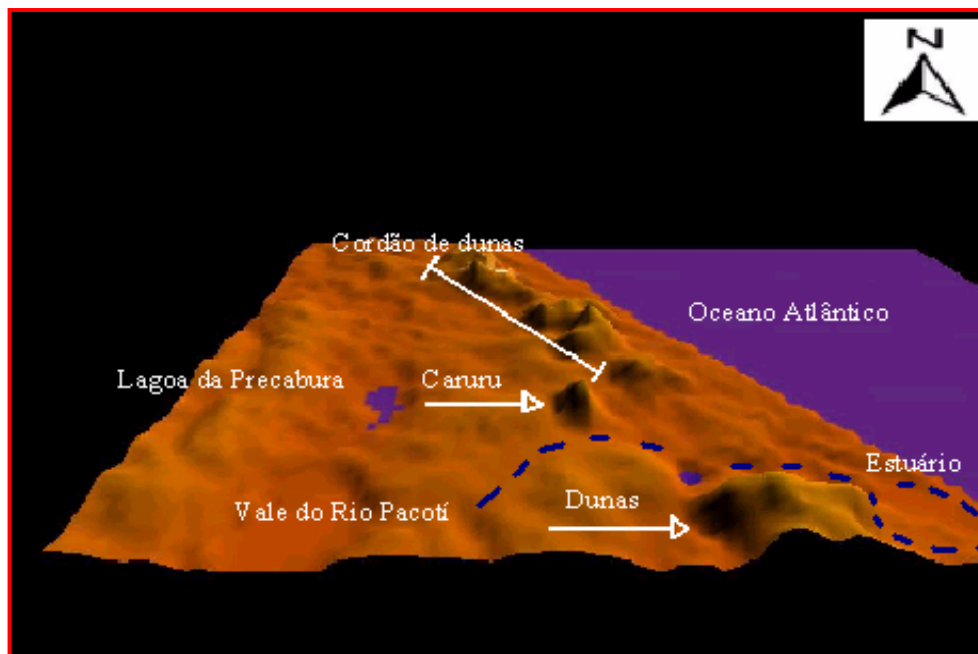


FIGURA-3.2 Visão em 3D da geomorfologia da área do Caruru. Construído a partir do programa Global Mapper, versão 2008.

Quantos suas características morfológicas, este relevo apresenta-se em forma de domo arredondado, tendo 59m de altitude, 40m de altura e 350m de comprimento (figura 3.3A). Apresenta topo plano, vertentes relativamente íngremes, mas com tendência à convexização. Desde o Oligoceno submetido às intempéries, ele não apresenta as mesmas formas originais. No entanto, a caracterização geomorfológica do Caruru em forma topográfica de abóbada nos remete a definir este relevo como um exemplo típico de domo vulcânico.

Tais características estão associadas a uma alta viscosidade do magma, fazendo com que a lava, em vez de fluir, acumule-se no interior do edifício vulcânico, criando a feição dômica com encostas íngremes e topo arredondado (figura 3.3B). No entorno do corpo pode-se observar uma fina camada de sedimentos agregados bastante oxidados, resultado do intemperismo

químico, além de blocos arredondados e semi-arredondados (matacões) oriundos principalmente do intemperismo físico (termoclastia) ao longo do tempo (figura 3.4).

Na atualidade, a vertente oeste do domo acha-se desfigurada, face à atividade de mineração, fato que muda completamente a morfologia desse segmento (figura.3.3A).

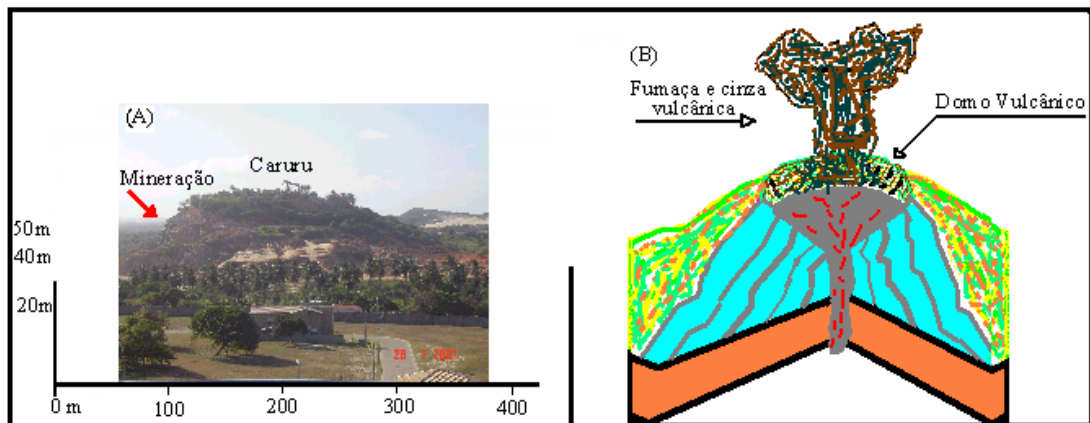


FIGURA-3.3 Visão da vertente Leste do Caruru a esquerda e esquema de formação de um domo vulcânico a direita. Costa, 2008.



FIGURA-3.4 Blocos arredondados de fonólito semi-coberto por sedimentos endurecidos e avermelhados na vertente Leste do Caruru. Foto: Costa, 2007.

Sobre intemperismo, Toledo et al. (2003) cita que a hidrólise está entre os tipos mais importantes, sendo definida como o processo resultante da quebra dos silicatos, como por

exemplo, os feldspatos (minerais de silicatos de alumínio, potássio, sódio e cálcio e responsável por mais de 50% da quantidade de minerais presentes na crosta), quando em contato com a água.

Como visto no capítulo anterior, a Formação Messejana de caráter alcalino é bastante enriquecida nestes minerais (Potássio e sódio) o que nos faz imaginar que estes relevos passaram desde sua formação por intensos processos intempéricos de ordem química, submetidos a diversos tipos climáticos, inclusive a climas mais úmidos que o atual, e ao intemperismo físico predominante atualmente devido às temperaturas elevadas.

### 5.2.1) O Contato com Depósitos Tércio-Quaternários: Formação Barreiras e as Dunas

Em alguns dos relevos da Formação Messejana é possível visualizar o encaixe da rocha vulcânica com o embasamento cristalino, porém, tratando-se do Caruru, a possibilidade de observar este encaixe torna-se muito difícil em razão deste relevo estar fixado em uma área de tabuleiro litorâneo, sendo, portanto, rodeado por sedimentos terció-quaternários da Formação Barreiras (figura 3.5) e quaternários (dunas).



FIGURA-3.5 Visão do topo do Caruru e os depósitos Barreiras ao sudoeste da área. Foto: Peulvast, 2003.

Os sedimentos quaternários tanto são oriundos dos aluviões transportados pelo rio Pacoti como pelos sedimentos transportados pelos ventos. Na parte sudeste do relevo a presença destes detritos eólicos são tão evidentes que às vezes o relevo confunde-se com as dunas presentes na área, como mostra a figura (3.6).

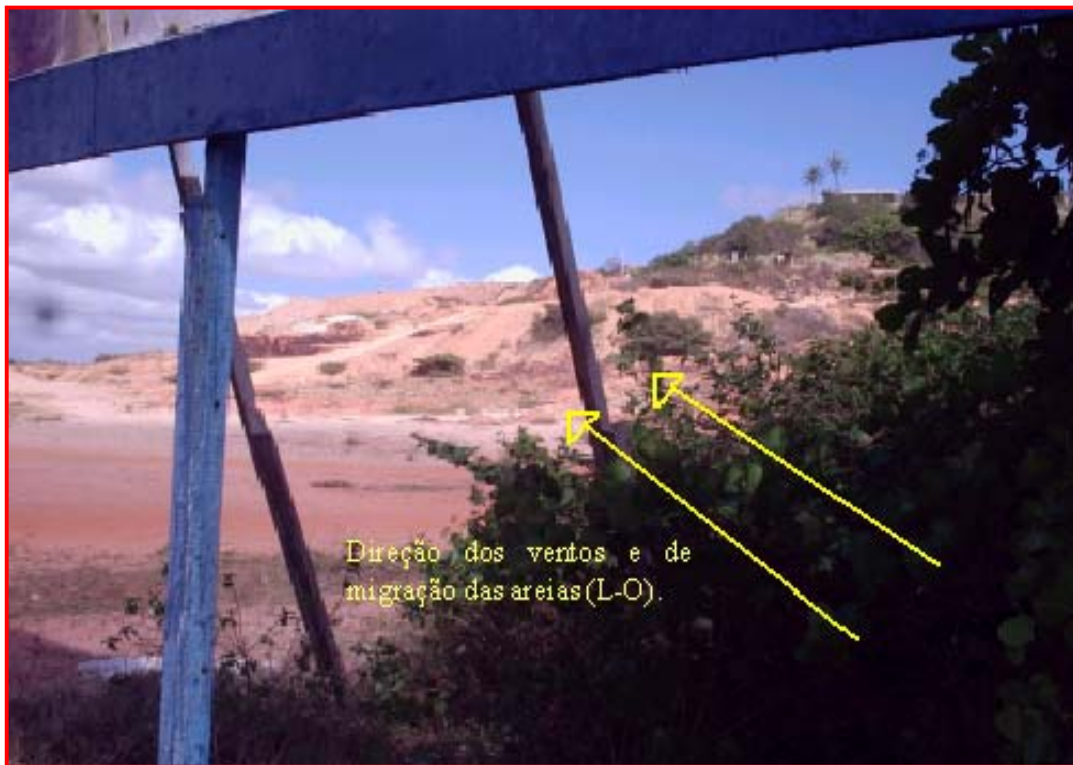


FIGURA-3.6 Mostrando a presença de sedimentos eólicos acumulados na bases do relevo. Foto: Costa, 2006.

### 5.2.2) Análise Geoambiental

Como mencionado em linhas anteriores, a área ao entorno do relevo dômico do Caruru apresenta-se com uma variedade paisagística significativa, diferenciando este relevo dos demais que fazem parte da Formação Messejana. O mapa a seguir (figura 3.7) mostra toda a caracterização das principais unidades paisagísticas que compõem esta parte do litoral extremo Leste de Fortaleza, além de trazer informações sobre o relevo no que tange sua totalidade, mostrando o que já foi destruído pela mineração.



A área está submetida ao clima tropical chuvoso de Köppen que permeia o litoral de Fortaleza com 1621,3 mm anuais (capítulo 2). O período chuvoso é concentrado no primeiro semestre, principalmente, entre março e maio, podendo, às vezes, gerar excedente nos meses de fevereiro a junho.

Relacionado ao solo do local, o que podemos observar é presença de uma fina capa de solo vermelho-amarelado oriunda do intemperismo do próprio fonólito, ratificado pela presença de blocos com variados tamanhos misturados a esta camada (figura 3.8), talvez explicando assim, a ocorrência de uma cobertura vegetal em cima do relevo de pequeno porte.



FIGURA-3.8 Fina camada de solo na vertente do Caruru de cor vermelha-amarelada em contato direto com a rocha em processo de decomposição. Foto: Costa, 2006.

A vegetação da área apresenta-se relativamente pouco preservada, especialmente na sua porção sul. Neste ambiente foi possível individualizar, segundo o Relatório de Impacto Ambiental-EIA-RIMA, 1997, quatro ecossistemas ambientais, a saber: zona devastada e vegetação dunar; vegetação de tabuleiro, compreendendo propriamente o serrote Caruru; zona de mangue e zona antrópica.

As principais espécies vegetais encontradas são: *Avicennia nitida* (mangue preto) sendo a dominante; *Conocarpus erecta* (mangue de botão); *Laguncularia racemosa* (mangue branco); e *Rhizophora mangle* (mangue verdadeiro) na zona de mangue. Enquanto na vegetação de tabuleiro encontramos: o *Anacardium occidentale* (cajuzeiro); *Cocos nucifera* (coco), sendo a dominante nesta zona e com menos frequência são encontradas a *anguifera indica* (manga); *achras sapota* (sapoti); *Musa paradisiaca* (bananeira).

O conjunto vegetacional mais representativo é o mangue do estuário do rio Pacoti situado na parte leste do corpo ígneo, com sua riqueza biótica e paisagística (figura 3.9A). As principais espécies vegetais encontradas são: *Avicennia nitida* (mangue preto) sendo a dominante; *Conocarpus erecta* (mangue de botão); *Laguncularia racemosa* (mangue branco); e *Rhizophora mangle* (mangue verdadeiro) (EIA-RIMA, 1997).

Na área de localização do Caruru, quanto ao aspecto de drenagem, destaca-se à bacia do Rio Pacoti (figura 3.9B). Este relevo sofre influência, em especial, do baixo curso do rio que se apresenta em seu estuário e que diseca a base da vertente leste.

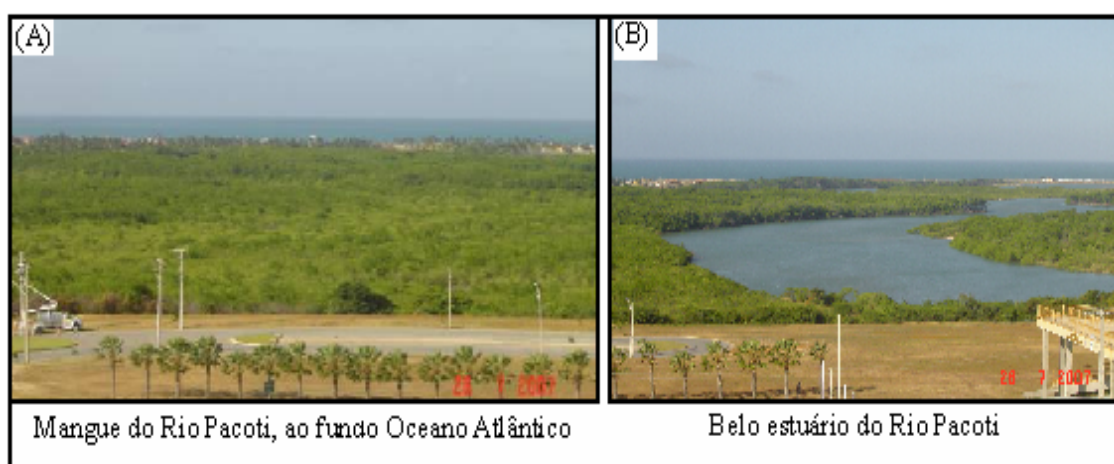


FIGURA-3.9 Visão do mangue e estuário do Rio Pacoti. Fotos: Costa, 2007.

Como visto anteriormente, na área do Caruru uma das formas mais que mais se destacam são as dunas. Neste ambiente elas são encontradas tanto na forma móvel como na forma fixa-edafizada (com presença de uma vegetação característica). Na parte leste do estuário do rio Pacoti, bem próximo do relevo ígneo, encontra-se uma grande duna fixa com vegetação abundante (figura 3.10A), e uma pequena parte móvel no seu topo que decai no rio (figura

3.10B), sendo as areias transportadas por este, desenvolvem um importante papel, que é o de alimentarem as praias à jusante da foz, sendo, portanto, de grande importância à manutenção e a preservação desta morfologia.

Silva (2005) explana que as dunas fixas no Ceará encontram-se localizadas numa região mais continental em relação às outras formas eólicas, com características vegetacionais e pedogenéticas semelhantes aos tabuleiros pré-litorâneos.



FIGURA-3.10 Cordão de Dunas fixas com exuberante vegetação na parte leste do estuário do rio Pacoti, e ainda, uma pequena parte móvel. Foto: Costa, 2007

Já na parte mais a Nordeste do Caruru encontramos presença das dunas móveis ou semifixas (figura 3.11), especialmente ao entorno do empreendimento hoteleiro do Porto da Aldeia.

Para compreender melhor a existência de dunas ativas ou fixas em um local, Tsoar e Arens (2003), atribui à mobilização ou estabilização de dunas à associação de três fatores ou por apenas um deles: a baixa precipitação, ventos muito fortes e frequentes e intensa interferência humana. Segundo os autores, a singularidade das dunas pode explicar porque a precipitação ou a intensidade da chuva não é fator decisivo na estabilização e mobilização das dunas. Devido à sensibilidade à erosão eólica em função da sua ausência de coesão, os ventos muito fortes e frequentes, erodem a areia e impedem à germinação da vegetação, assim como, a interferência humana através do pisoteio, desmatamento e tráfego de veículos.



FIGURA-3.11 Presença de Duna móvel a leste do Caruru, próximo ao mangue do Pacoti. Foto: Costa, 2007.

Por apresentar uma alta porosidade, as dunas são grandes infiltradores de água ocasionando o enriquecimento do lençol freático da área. Entretanto, com a urbanização e a ocupação cada vez maior na RMF, inclusive na área de estudo, este tipo de reservatório está cada vez mais sendo substituído pelo concreto (pavimentações, condomínios de luxo, empreendimentos hoteleiros).

Sobrinho (2007) expressa que as dunas formam paisagens naturais que podem modificar-se rapidamente através das intervenções do homem sobre o meio físico natural, o que é muito comum no nosso litoral, especialmente na década de 1980 em diante, em decorrência da grande ocupação populacional e da especulação imobiliária que ocorre neste ambiente.

### **5.3) SERROTE DO ANCURI**

#### 5.3.1) Petrologia Local

O serrote Ancuri localiza-se a 9 Km ao sul de Messejana (parte sul de Fortaleza), no povoado homônimo, distando aproximadamente 1 km a margem direita da BR-116, sentido

Norte-sul (figura 3.12). O relevo se insere em uma área bem servida de vias de transporte e comunicação. Encontra-se limitado pelas coordenadas geográficas de  $38^{\circ} 31' 53''$  de longitude Oeste e  $3^{\circ} 53' 46''$  de latitude Sul.

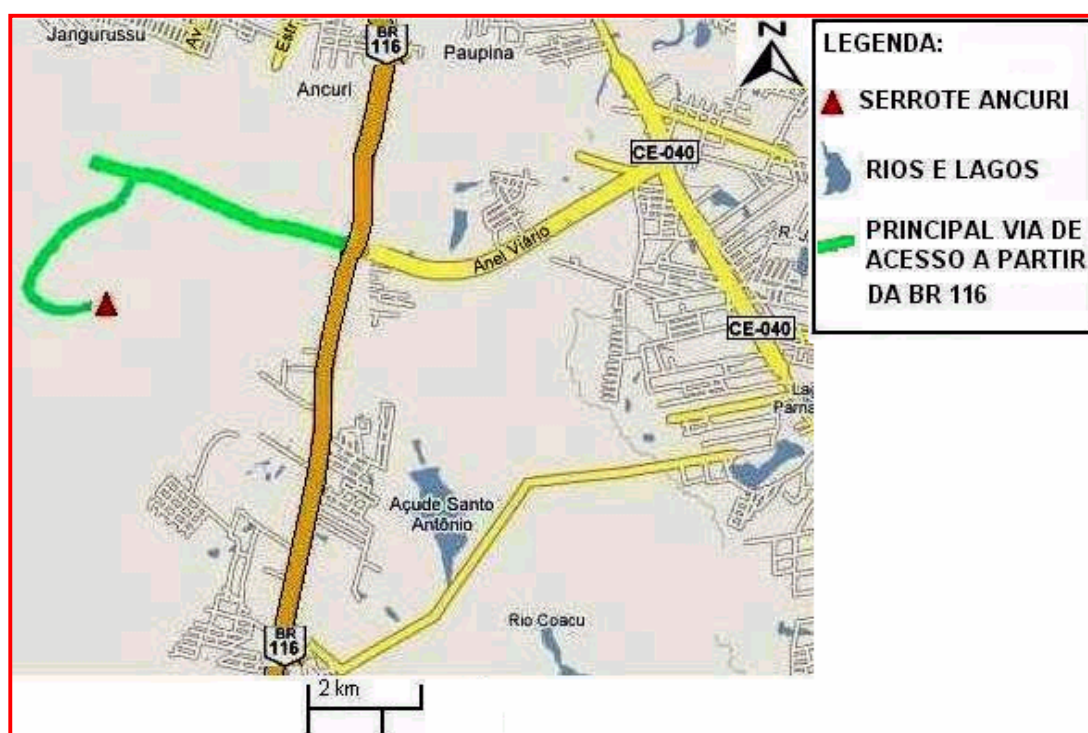


FIGURA-3.12 Mapa de localização e principais vias de acesso ao serrote Ancuri. Fonte: Google maps, adaptado por Costa, 2008.

Segundo Braga et al. (1981), a rocha que forma este corpo é do tipo fonólito rico em sodalita-nefelina, o 3º mais rico em Sílica e um dos mais pobres em sódio e potássio dentre os relevos da formação. (confirmada pela análise química como mostra o quadro 3.2 abaixo), com textura traquitóide extremamente bem desenvolvida, ocorre predominantemente em blocos e matações dispersos em superfície e englobados na massa de talús. Trata-se de uma rocha homogênea, maciça, cinza-escuro a castanho quando alterada.

Ancuri (fn-93)	SiO <sub>2</sub> 57,80	TiO <sub>2</sub> 0,25	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 21,80	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,65	FeO 1,00	MnO 0,09	MgO 0,06	CaO 0,53	Na <sub>2</sub> O 8,36	K <sub>2</sub> O 5,78	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,05
-------------------	---------------------------	--------------------------	---	--	-------------	-------------	-------------	-------------	---------------------------	--------------------------	---------------------------------------

QUADRO-3.2 Resultado da análise química em amostras do fonólitos do relevo vulcânico Ancuri feitos por Guimarães et. al. (1982) no laboratório da GEOSOL, em Belo Horizonte-MG. Fonte: Guimarães et al. (1982)

### 5.3.2) Análise Geomorfológica

O corpo ígneo do Ancuri mesmo se localizando em um ambiente geológico cenozóico, por estar mais distante do litoral, não sofre influência de depósitos eólicos ou de morfologia dunares como ocorre no Caruru. Este fato, somado a ausência dos maciços elevados que permeiam o Sul e o sudeste de Fortaleza em suas mediações, explica a homogeneidade morfológica da área e o destaque topográfico apresentado por este relevo, figura 3.13.

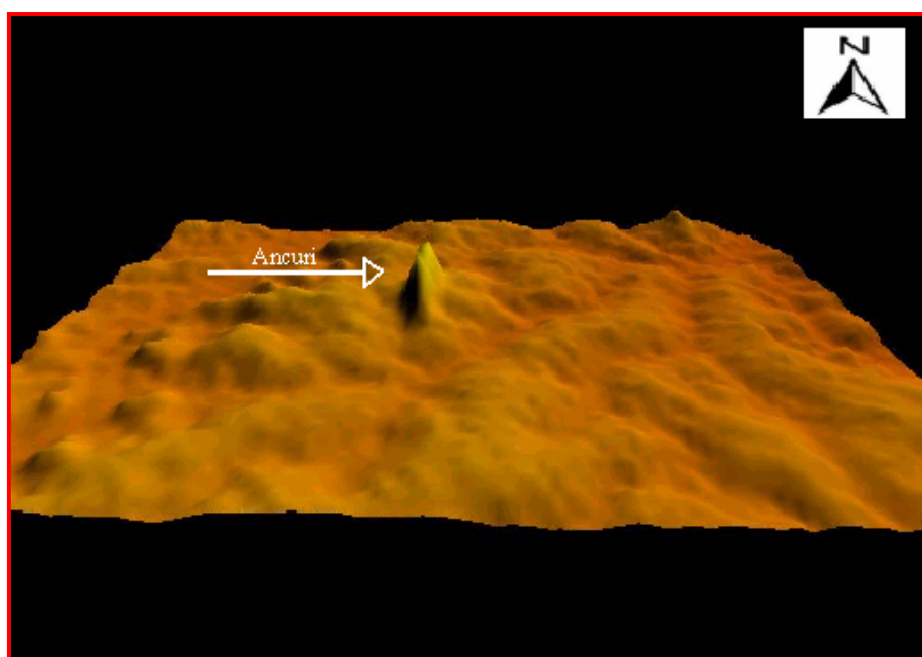


FIGURA-3.13 Visão em 3D da área geomorfológica nas proximidades do Ancuri, construído a partir do programa Global Mapper.

O serrote propriamente dito apresenta uma morfologia em forma de neck “elipsoidal”, com eixo maior alongado segundo uma direção NE-SW (Nordeste-Sudoeste) com aproximadamente 2 km de extensão, com sua altitude máxima de 119 m, sendo 79m de altura do relevo propriamente dito (figura 3.14).

Tal característica “elipsoidal” pode estar relacionada a presença de uma pequena fratura próximo ao centro vulcânico, desta maneira, sendo possível que o magma no instante de sua solidificação dentro do antigo conduto teria se espalhado para a lateral, atingindo, assim, esta suposta fratura.

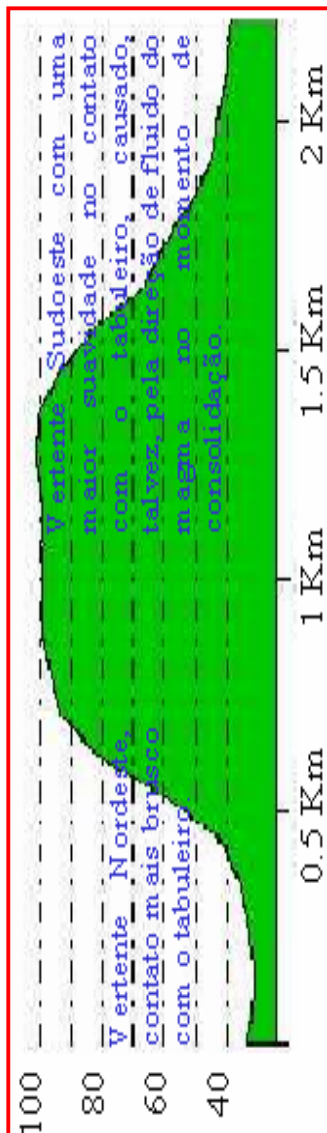


FIGURA-3.14 Perfil esquemático do Ancuri de direção N-S a partir do Global Mapper versão 2007, mostrando a morfologia de seu topo e as características de suas vertentes.

De acordo a figura acima, constata-se que o topo deste relevo apresenta-se plano. Suas vertentes são simétricas, mesmo apresentando-se com pequenas diferenças a nordeste, onde existe um contato mais brusco com a área de tabuleiro, enquanto que a vertente a sudoeste decai mais suavemente. A leste ela forma um pequeno pedimento, fazendo com que o contato seja um pouco ondulado. A oeste, não se observou esta morfologia, e o contato se faz sem ondulações ou com presença de pedimento.

Quanto à intemperização esta se apresenta evidente através diaclases e fraturas verticais, fato que faz imaginar que o magma foi solidificado neste sentido, portanto, sem haver um tipo de corrida de lava mais significativa. Relacionado às fraturas, oriundas do intemperismo físico, estas por sua vez, facilitarão uma maior percolação e um trabalho mais eficiente da água, resultando no trabalho do intemperismo químico no relevo.

### 5.3.3) O Contato com Depósitos Quaternários

O relevo vulcânico do Ancuri localiza-se a apenas 20 km do litoral, sendo, portanto, todo inserido no contexto da Geologia dos tabuleiros costeiros. Apresenta-se, desta forma, circundado por sedimentos terció-quaternários da Formação Barreiras, sedimentos colúvio-eluviais e flúvio-aluvionares (figura 3.15).

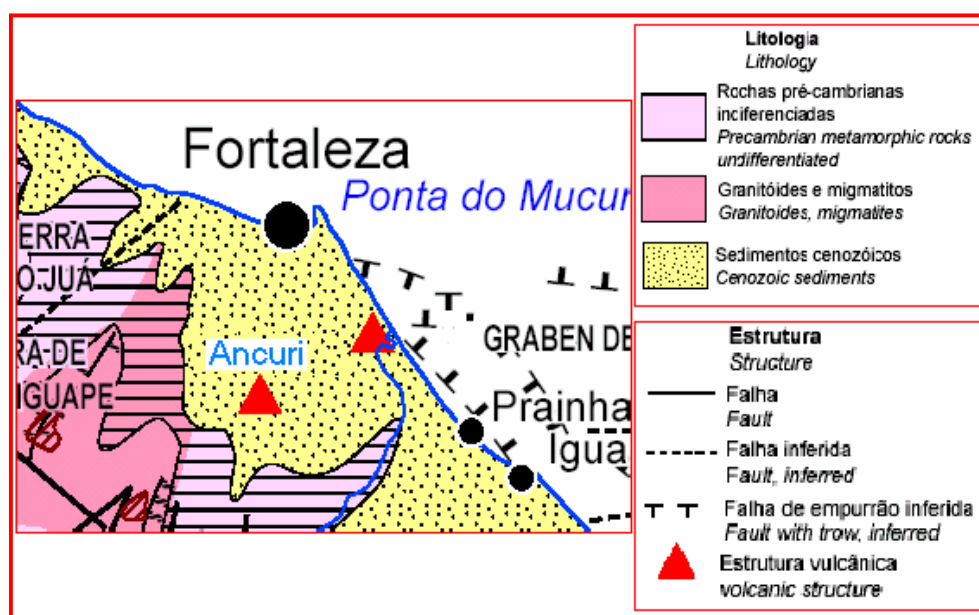


FIGURA-3.15 Esboço Geológico do local do ambiente de inserção do serrote Ancuri.  
Fonte: CPRM, 2003. Adaptado por Costa, 2007.

De acordo com Mota (1998), a Formação Barreiras encontra-se sob a forma de testemunhos ou manchas isoladas próximas ao Ancuri, na parte nordeste da área. Enquanto os detritos semiconsolidados e friáveis, areno-argilosos, com seixos interclásticos de coloração vermelha a alaranjada, encontram-se rodeando boa parte do reservatório do açude Gavião,

próximo ao relevo. Por último, os sedimentos flúvioaluvionares, compreendendo areias, cascalhos, siltes e argilas que abrangem parte da bacia hidrográfica do Rio Pacoti (porção sul do relevo), sendo nesta área encontrado o depósito de areia grossa, bastante utilizado na construção civil.

#### 5.4) SERROTE DO PÃO-DE-AÇÚCAR

##### 5.4.1) Petrologia Local

Dos três relevos vulcânicos da Formação Messejana que estão analisados neste trabalho, o Pão-de-Açúcar é o único que não se apresenta circundado pelo recobrimento das formações superficiais neogênicas.. Encontra-se limitado pelas seguintes coordenadas geográficas: 38° 49' 624'' de longitude Oeste e 3° 53' 275'' de latitude Sul. Este relevo dista cerca de 20 km Oeste de Fortaleza, localiza-se no município de Caucaia (RMF) em uma área de fácil acesso, às margens esquerda da BR 020, no sentido Norte-Sul, Km 385 (figura 3.16).



FIGURA-3.16 Mapa de localização e principais vias de acesso ao Serrote Pão-de-açúcar. Fonte: Google maps, adaptado por Costa, 2008.

Segundo Braga et al. (1981), o sodalita-fonólito traquitóide aparece como a rocha dominante neste corpo, possuindo características mineralógicas bastante homogêneas, com destaque para a presença de feldspato potássico, sodalita, aegerina, caulinita. O fonólito traquitóide em menor proporção aparece em blocos pouco abundantes dispostos em torno do corpo.

A rocha possui coloração clara, textura afanítica, em seção delgada foi observada uma matriz com textura extremamente fina, levemente alterada, com presença de material vítreo. Feldspato, aegerina (rica em Si, a única em toda a formação Messejana) (GUIMARÃES, 1982), nefelina, analcima, sodalita, óxido de ferro e carbonato são alguns dos minerais presentes na rocha. O quadro (3.3) descreve análises químicas em amostras do Pão-de-Açúcar.

Localizaç ão	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Pão-de-açúcar (fn-185)	56,00	0,19	20,70	1,70	1,14	0,11	0,06	0,56	11,42	6,05	0,05

QUADRO-3.3 Resultado da análise química em amostras de rocha do relevo vulcânico Pão-de-Açúcar feitos por Guimarães et al. (1982) no laboratório da GEOSOL, em Belo Horizonte-MG.

#### 5.4.2) Análise Geomorfológica e Características Ambientais.

O relevo do Pão-de-Açúcar apresenta em sua base uma forma arredondada. Trata-se de uma elevação topográfica cônica cujo pico atinge 45m acima do nível do mar e 160m de comprimento. Ele pode ser considerado um típico neck fonolítico, ou seja, o antigo conduto vulcânico que ficou descoberto pela erosão. As vertentes apresentam-se íngremes, simétricas, apresentando um topo agudo e convexo e uma forma côncava próxima ao contato com o embasamento.

A forma aguçada também é típica da morfogênese semi-árida atuando sobre relevos residuais, porém a morfologia deste serrote decorre da erosão diferencial, associados aos condicionantes mineralógicos, estruturais e texturais de suas rochas. As encostas de bases côncavas, por sua vez, refletem o intemperismo limitado e a rápida evacuação de detritos. É o único, juntamente com o Salgadinho, com características de cone vulcânico (figura 17A), fato que chama bastante atenção para quem o ver. Outro fato relevante neste corpo é a grande

presença de blocos e matacões (figura 3.17B) bordejando praticamente todo o relevo podendo está associado, segundo Braga et al. (1981), as rochas que preenchem o antigo conduto vulcânico.

Por vez, a presença destes blocos, também pode estar diretamente associado o clima mais árido da área. Conseqüentemente, o intemperismo físico será mais incisivo do que o químico no trabalho de quebra mecânica das rochas, que depois de desagregadas rolam por gravidade das partes mais elevadas até a base do relevo.

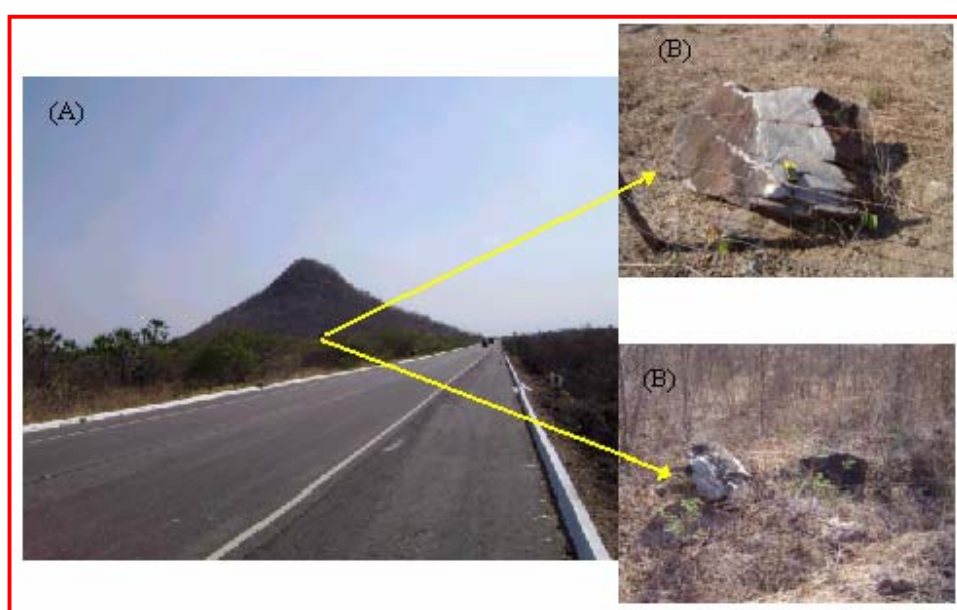


FIGURA-3.17 Visão Norte do relevo Pão-de-açucar com suas características morfológicas, ao lado, blocos de matacão na base da vertente do corpo. Foto: Costa, 2007.

O ambiente de inserção do Pão-de-açucar é totalmente diferente dos relevos analisados até agora. Próximo ao corpo não aparece nenhum tipo de formação sedimentar, observa-se que o contato deste relevo se dá de forma brusca, sem a presença de pedimento com as rochas mais antigas existentes na região metropolitana, o embasamento cristalino, em seqüência migmatito-gnáissica regional do complexo Caicó (figura 3.18).

Braga et al. (1981), definem este complexo como uma associação litológica constituídas de gnaisses variados, quartzitos e calcários, além de migmatitos com estruturas diversas, desde as mais foliadas até as mais homogêneas. Os autores associam esta definição com

de Meunier (1964), que relaciona as rochas daqui com as rochas de amplo domínio na região de Caicó-RN.

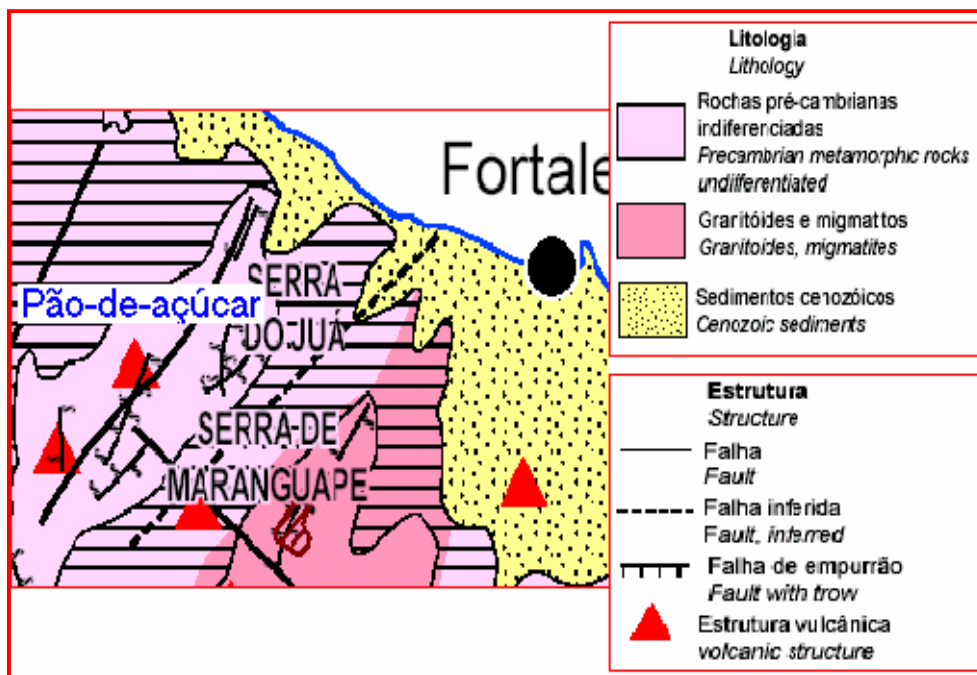


FIGURA-3.18 Esboço Geológico do local do ambiente de inserção do serrote Pão-de-açúcar. Fonte: CPRM, 2003. Adaptado por Costa, 2007.

Por estar mais afastado do litoral em relação aos outros relevos vistos até então, o Pão-de-açúcar está submetido a um clima semi-árido que caracteriza praticamente toda a depressão sertaneja cearense, resultando ao entorno do corpo um tipo de solo raso e pedregoso, onde a vegetação dominante é a caatinga arbustiva de pequeno porte.

Esta vegetação desenvolve estratégias para superar as variações sazonais do clima, ou seja, no período de estiagem se apresenta totalmente seca e sem folhas (caducifólia), mas volta a ser verde no período chuvoso. Esta afirmativa fica bem clara quando se compara a foto 3.17 tirada no período seco, mês de outubro de 2007 com a foto 3.19, tirada na época chuvosa do mesmo ano (2007). Na área constatamos a presença de vegetação típica da caatinga como o marmeleiro, mufumbo, juazeiro, jurema preta, sabiá entre outras.

As condições hidrológicas da área são de pequeno porte e intermitente. Próximo ao ambiente em foco localiza-se o riacho dos Pinhões (pequeno afluente do Rio Ceará) e o açude

Água Boa (figura 3.19). Estes corpos hídricos são de pequena representatividade para as condições climáticas da área, porém, de grande importância para as poucas pessoas e para a pequena fauna que habitam a região.



FIGURA-3.19 Visão aérea geral do serrote Pão-de-açúcar. Observar a presença de água e vegetação verde. Foto: Peulvast, maio de 2007.

# CAPÍTULO 6: CAPÍTULO 6:

## **EXPLORAÇÃO MINERAL DE RELEVOS VULCÂNICOS DA RME.**

### **6.1) A Exploração Mineral na RMF**

A relação desigual entre ser humano e natureza nos proporciona, infelizmente, ambientes cada vez mais mecanizados, e a natureza em sua forma original torna-se cada dia algo mais distante. A intervenção agressiva do homem no meio ambiente, seja direta ou indiretamente, já atinge todas as partes da superfície terrestre, e é nas grandes cidades que a natureza sofre suas maiores agressões, pois o que ainda resta de natural é luta incessante de ambientalistas contra diversos atores.

Nestas relações, os sistemas ambientais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características genéticas. Aquelas áreas do planeta que viviam em estado de equilíbrio dinâmico, a partir da apropriação inadequada dos recursos naturais, passaram a viver em desequilíbrio, resultando nas modificações de suas características naturais, acarretando, em alguns casos, sua total destruição.

A preocupação é tão grande neste sentido, que meio ambiente e desenvolvimento sustentável são temas que nos últimos anos conquistaram uma importante posição e, hoje, são objeto de estudo de diversas ciências autônomas. Tal fato se explica pela importância do tema para a espécie humana, pois se trata do ambiente ou espaço onde vivemos e/ou do qual dependemos, e todo esforço vindo para somar a este objetivo, seja ele de onde vier, é sempre de fundamental importância para o êxito final.

Entre as agressões impostas pelo homem a natureza, está à atividade de mineração. Atualmente, para a atividade industrial e para o setor da construção civil, balizado desde pequenas às grandes obras de engenharia, esta atividade é indispensável para a manutenção do nível de vida e avanço das sociedades modernas no qual nos encontramos. Tal fato é comprovado pelo aumento da importância dado à Geologia econômica, ramo da geologia que estuda as rochas e minerais de interesse econômico. Basta ver que muitos produtos e materiais que utilizamos ou de que desfrutamos no nosso dia-a-dia tem suas origens nesta atividade.

No tocante à mineração no Brasil, segundo Farias (2002), esta atividade é um dos setores básicos da nossa economia, e fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime, desde que seja operada com responsabilidade social, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável.

Os dados de 1997 (Barreto, 2001), obtidos nas concessões de lavra no país mostram que o perfil do setor mineral brasileiro é composto por 71% de pequenas minas, 25% de minas médias e 5% de minas grandes. Estas minas têm distribuição regional da seguinte forma: Norte, 4%; Centro-Oeste, 8%; Nordeste, 13%; Sul, 21%; Sudeste, 54%. Muitas dessas minas localizam-se próximos às regiões metropolitanas do país, por serem o maior local de consumo, já que esta proximidade diminui o custeio do transporte, o que influencia diretamente no preço final mais baixo do material.

A Região Metropolitana de Fortaleza, decorrente do seu crescimento urbano nas últimas três décadas e que permeia os dias atuais, encontra-se em pleno processo de descaracterização ambiental, onde inúmeros elementos da paisagem natural, como dunas, rios, lagoas, praias, conjuntos vegetacionais, relevos residuais e vulcânicos, sofrem alterações muitas vezes irreversíveis. Uma das razões de tal descaracterização está vinculada à atividade de mineração existente nesta área.

A atividade de mineração na região de Fortaleza (Santos et al., 2007) é de fundamental importância no tocante à quantidade de mão-de-obra empregada neste ramo. Entretanto, a maneira desordenada e a falta de um acompanhamento adequado dos órgãos ambientais, causam enormes prejuízos para a natureza e para a qualidade de vidas das comunidades circunvizinhas.

Mota (1998) define o mercado nacional associado ao grande aumento da construção civil em Fortaleza, como as principais causas para o aumento da exploração mineral de granitos e outras rochas como os fonólitos na RMF. Segundo Roberto et al. (2000), a região da grande Fortaleza explora jazidas de areia (fina e grossa), água mineral, argila, calcário, diatomito, fonólito, granito (brita e ornamental), mica, quartzo, feldspato, quartzito e saibro.

O quadro seguinte (4) mostra a situação dos títulos minerários por substância, no qual se percebe que até o ano de 2000 nenhum relatório final havia sido aprovado para a exploração dos fonólitos, apenas as concessões de lavras. Para ele os bens mais importantes são os de emprego imediato da construção civil, e o distrito de Fortaleza é um dos que mais explora recursos minerais entre os 10 distritos mineiros cartografados no Ceará, dos quais se concentra a produção mineral efetiva do Estado (Figura 4).

	Água mineral	Areia	Areia de fundicao	Argila	Calcario	Diatomito	Fonolito	Granito	Mica, Qz feldspato	Quartzito	Saibro	Total
Concessao de lavra	06		01		08	02	02	06				25
Registro de licenca		45		23	05			19		02	02	96
Perm. de lavra garimpeira									05			05
Requerimento de lavra	01	11			01			04				17
Relatorio final aprovado		09				01		04				14
<b>Total</b>	<b>07</b>	<b>64</b>	<b>01</b>	<b>23</b>	<b>14</b>	<b>03</b>	<b>02</b>	<b>33</b>	<b>05</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>157</b>

QUADRO-4 Situação dos títulos mineiros por substancia. Fonte: DNPM\10° DS-CE, 2000

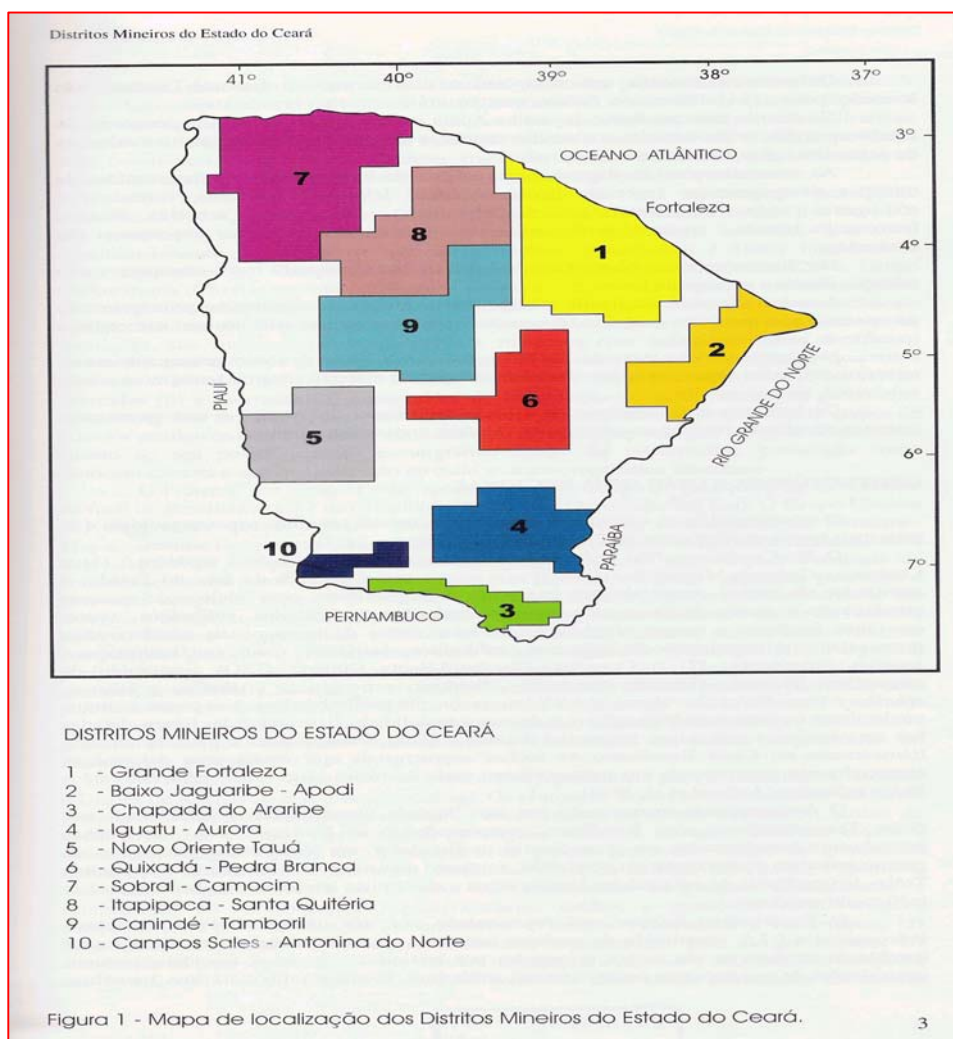


FIGURA-4 Distritos mineiros do Ceará. Fonte DNPM\10° DS-CE, 2000.

Santos et al. (2007) enumeram os principais problemas causados pela atividade de mineração na RMF, são eles: desmatamento, assoreamento dos recursos hídricos, degradação da mata ciliar, desfiguração da paisagem, poluição e contaminação dos aquíferos, alteração da fauna e da flora, poluição visual e geração de ruídos e poeiras. Estes dois últimos produzem impactos diretos para as populações que convivem diariamente próximo às pedreiras.

Entretanto, segundo a lei estadual de 5 de outubro de 1989, artigo 259, parágrafo XII, cabe ao Estado proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas forma (SEMACE, 1993). Gonçalves e Herman (2002), ainda acrescentam para esta atividade, algumas ressalvas importantes, como a questão da saúde e da segurança do trabalhador mineiro.

A necessidade de informação geológica de qualidade, a participação cada vez mais acentuada do Estado nas decisões e implementação da atividade mineraria e ainda, a tomada de consciência da importância da participação comunitária, tornando, assim, necessária a existência de condições políticas favoráveis ao desenvolvimento da mineração.

A Mineração, no nosso país, desde as décadas de 60 e 70, vem crescendo e merecendo destaque no contexto da política pública e do planejamento econômico nacional. Não por acaso, relativo à exploração mineral, a Constituição Federal promulgada em 5 de outubro de 1988, capítulo VI, artigo VII, parágrafo 2, é bem enfática ao dizer: “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”.

Referente à legislação estadual de 5 de outubro de 1989, artigo 259, parágrafo XXI menciona: registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direito de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seu território, autorizados pela união, ouvidos os municípios (SEMACE, 1993).

Mas, infelizmente não é o que vemos acontecer, no caso específico da mineração, quando acontecem de cessar a exploração, muitos abandonam o local e nada fazem para que o meio ambiente se regenere mais rápido, e os problemas enfrentados pelas comunidades locais muitas vezes não são levados em consideração.

## 6.2) EXPLORAÇÃO MINERAL DOS RELEVOS VULCÂNICOS

Segundo Roberto et al. (2000), o Estado do Ceará em 1997 foi responsável por 201, 44 milhões de dólares oriundos da produção mineral, representando 8,2% da produção mineral do Nordeste, concentrada basicamente em minerais não metálicos (pedras britadas, água mineral, areia etc) e minerais metálicos (ferro).

Entre as rochas mais exploradas, o granito é a rocha mais representativa. A razão destacada por Mota (1998) está nas características ácidas, pouco atingidas pelo intemperismo, pois a grande quantidade de sílica expressa nestas rochas dificulta seu desgaste em superfície. Além do mais, apresenta granulometria fina e homogênea, não reagindo quimicamente com os álcalis (sódio e potássio e) do cimento ou lama asfáltica, e é claro pela abundância desta litologia nos maciços que existem nas áreas ao entorno da grande Fortaleza.

Em particular, acerca das rochas vulcânicas, segundo Medeiros et al. (1995), estas estão sendo usadas para fabricação de pedras de calçamento, e, principalmente, brita, cimento e na última década também como rochas ornamentais.

Entre todos os relevos vulcânicos da Formação Messejana, o Caruru é o que se encontra mais descaracterizado quanto à sua forma original, decorrente exclusivamente de sua exploração para diversos fins. Este relevo, há aproximadamente quatro décadas, passa pelo processo de extração mineral pela empresa Kibrita, mas somente em 1986 obteve junto ao Departamento Nacional para a Produção Mineral (DNPM), órgão responsável pela fiscalização das atividades ligadas à pesquisa mineral, à lavra, ao beneficiamento, ao comércio e à industrialização das matérias primas minerais no país, com exceção daqueles objetos de monopólio, como é o caso do gás natural e do petróleo, a concessão de lavra.

A aprovação foi publicada no Diário Oficial da União (D.O.U.) somente em junho de 1991. Tal fato pode explicar que foi somente no início desta década que a empresa investiu em equipamentos mais sofisticados, passando assim, a explorar mais rapidamente, os recursos que dali poderiam ser extraídos. De acordo com o mapeamento feito no capítulo anterior, 96.022, m<sup>2</sup> compõe a área total do relevo propriamente dito, sendo que já foi explorada 31.700 m<sup>2</sup>, o que representa aproximadamente 33% do relevo.

Em 1997, o EIA-RIMA da área de exploração foi emitido pela EMPEL (Empreendimentos de Engenharia Ltda). A área do Caruru, que pertence a essa empresa, ocupa

uma superfície total de 29, 54 há. Porém, a área a ser explorada, a chamada área de lavra é de aproximadamente 20,0 ha, restando, portanto 9, 54 ha a ser preservada. O método de exploração da mina se dá a céu aberto e o desmonte é feito com explosivos (dinamites normalmente).

A exploração do fonólito deste relevo até meados dos anos 90 se dava exclusivamente para a produção da brita, muito usada na construção civil, especialmente na RMF. Atualmente, segundo o gerente da kibrita, a produção se estende para o aproveitamento como rocha ornamental, fabricação de blocos, piso, gesso e exploração de areia vermelha (figura 4.1), localizada logo após os limites do corpo ígneo. Esses materiais além de servirem historicamente para a construção civil, devido à qualidade, estar sendo bem explorados no uso de saibros (revestimentos de quadra de tênis ou funções semelhantes).



FIGURA-4.1 Areia explorada tanto para a construção civil como para revestimentos de quadra de tênis na qualidade de saibro. Foto: Costa, 2006.

A pedra destaca-se também, pela sua estrutura. Segundo dados colhidos na pedra, o mecanismo de exploração é um dos melhores do Nordeste, devido ao uso de equipamentos modernos adotados durante as explosões. A exploração já existe aproximadamente há 42 anos e o paredão que se mostra como resultado dessa extração mede aproximadamente 70 metros de altura (figura 4.2).

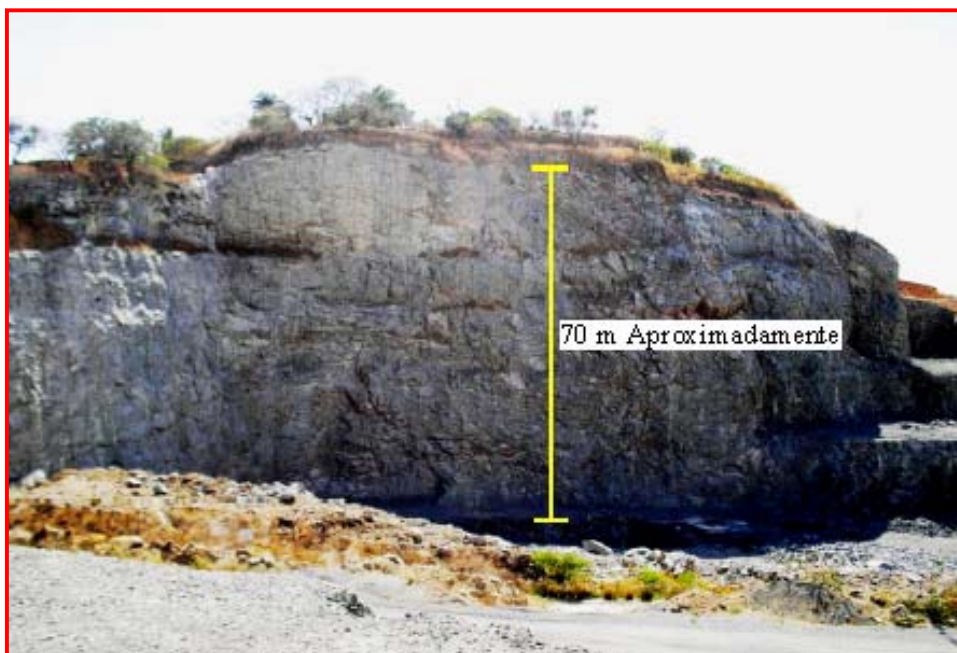


FIGURA-4.2 Paredão na parte oeste do Caruru com aproximadamente 70 m de altura, resultado de quatro décadas de exploração. Foto: Costa, 2006.

A atividade de mineração sempre causa problemas ao meio-ambiente, tornando-os muito mais sérios quando este impacto atinge seres humanos, ou seja, quando a pedreira se localiza próximo a áreas urbanas. Até início da década de 1990, a área próxima ao relevo, como mostra a figura (4.3A), apresentava uma pequena ocupação urbana.

No entanto, esta realidade mudaria no decorrer dos anos seguintes, e a área desta forma, passou a ter uma ocupação populacional mais significativa (figura 4.3B), decorrente, inclusive, da especulação imobiliária que ocorre no litoral extremo leste da capital cearense. Foi a partir deste momento que começaram a se intensificar os problemas devido à extração. Mesmo tendo à empresa a prática de realizar lavagens nas rochas depois de extraídas para diminuir a poeira, a população do entorno ainda sim reclama do nível de poluição atmosférica.

Outro problema está relacionado às rachaduras que surgem nas paredes ou nos rebocos das casas durante as explosões. O tema tem sido objeto de debate na mídia, com reportagens mostrando os problemas causados em um condomínio de luxo (Alphaville Fortaleza) que fica ao lado da pedreira, instalado desde 2003. Ao que consta, os moradores desse condomínio estariam tentando através da justiça interditar a pedreira.

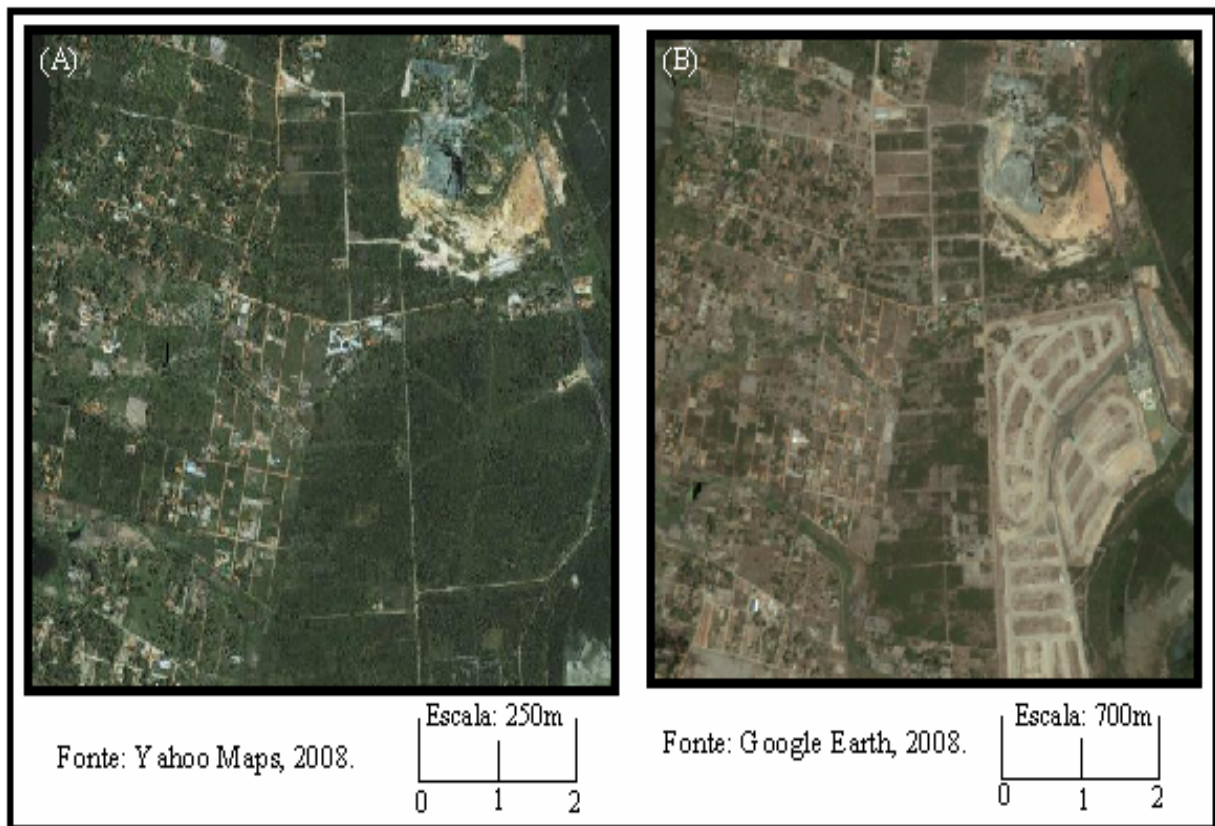


FIGURA-4.3 Imagens de satélites em diferentes épocas. À esquerda imagem anterior a 2000 e a direita imagem atual. Como se percebe, na última década houve um aumento considerável na ocupação nas mediações do Caruru.

Levado em conta todo este contexto de intensa atividade de mineração para a fabricação de produtos que visam a atender demanda do setor da construção civil, parece possível considerar que nos próximos anos, em face dessa mineração, este domo será extinto e erradicado do contexto paisagístico cearense, o que significaria enorme perda do ponto de vista natural, considerando sua origem tão peculiar em meio à paisagem costeira do estado, sua natureza vulcânica e sua importância geomorfológica em termos locais e regionais. Mesmo tendo 9,4 ha a serem preservada, a paisagem natural do relevo e do entorno já está totalmente destruída.

Contudo, a legislação ambiental em vigor no município de Eusébio e promulgada em 5 de abril de 1990, deixa claro que: Art. 178 “aquele a quem o município fornecer concessão para a exploração dos recursos naturais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de

acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente na forma da lei.” (SEMACE, 1993).

Em virtude, infelizmente, da maioria das leis brasileiras deixarem sempre brechas interpretáveis, o fonólito do Caruru em si não aparece como área de proteção, pois na mesma promulgação, como mostra o Art.179 “são consideradas, no município, área de proteção permanente: dunas do Caruru, manguezais do Rio Pacoti, Rio Coaçu, lagoas da Precabura, dos Pássaros, Parnamirim, do Eusébio e outras; Açude perigoso; Riachos Tapeba; Jacundá e outros”.

Cabe a ressalva sobre a falta de clareza de que dunas são essas do Caruru já que o residencial Alphaville citado anteriormente se instalou no, até então, campos de dunas vegetalizadas que ali existiam, distando da parte sul do Caruru aproximadamente 500m.

Desta maneira, sem dúvida, todo o processo de melhoria e qualidade ambiental exigida por todos, dificilmente terá resultados concretos. É preciso levar a sério as leis e todo tipo de documentação e estudo exigido para o licenciamento de um empreendimento de mineração, pois todo este delineamento tem como principal objetivo minimizar os impactos que esta atividade pode causar ao meio ambiente.

Quanto ao Ancuri, o primeiro problema mais sério detectado por nós, está relacionado à instalação em seu topo, da estação de reservatório da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) no ano de 1974 (figura 4.4). Esta água vem do complexo dos açudes Pacoti-Riachão-Gavião que fica bem próximo do relevo, a partir desta estação a água é tratada e distribuída para Fortaleza.



FIGURA-4.4 Estação de tratamento do sistema Pacoti-Riachão-Gavião sobre o relevo do Ancuri.. Fonte: Google Eart, 2007.

A vegetação predominante sobre este relevo e a do tipo caatinga arbórea, entre as principais espécies encontramos a Sabiá, Maniçoba, Pacotê, Cajazeira, Angico e Torém, mostrando que existe um solo e uma umidade que favorece a este desenvolvimento. Ao seu entorno observamos a existência de carnaúba, mangueira e cajueiro (típico de tabuleiro).

Para que fosse possível a instalação, o topo do relevo passou por uma espécie de terraplanagem e pela retirada da vegetação local, descaracterizando seu ambiente natural, tornando o topo menos saliente e empobrecendo visualmente a paisagem em foco.

Outro problema sério observado neste local era seu uso para exploração mineral. Segundo relatos da população local até 2002, o relevo era explorado para a produção de brita e cimento pela empresa Nassau. A exploração funcionava na parte sul do relevo (figura 4.5) e de acordo com moradores locais as razões pela paralisação da exploração estão relacionadas a prejuízos econômicos passados pela empresa, que lucrava pouco com a exploração já que a pedra extraída de Fortaleza ia para a cidade de Mossoró no Rio Grande do Norte para fabricar o cimento, o que tornava o custo muito alto.



FIGURA-4.5 Exploração mineral atualmente extinta na parte sul do Relevo do Ancuri. Foto: Costa, 2007.

O interessante é que, segundo um morador do local, os pássaros e outros animais que viviam sobre o relevo praticamente sumiram durante o tempo de exploração. Atualmente, no entanto, já se pode observar novamente alguns desses animais, e parece que em um pequeno espaço de tempo eles estarão em seu habitat natural, nos deixando claro dos problemas causados pela poluição sonora durante as detonações.

Os mesmos problemas foram enfrentados pelos moradores da comunidade do Ancuri, segundo eles, a atividade causava sustos quando das explosões das dinamites, além de produzir reações alérgicas e problemas respiratórios.

Relacionado ao Pão-de-açúcar, até onde se sabe, este corpo ígneo ainda não foi alvo de nenhuma vinculação para o beneficiamento mineral. Tal fato pode estar associado às características de suas vertentes bastante íngremes, associado às suas dimensões reduzidas. Por estar mais distante do aglomerado urbano, é significativa a ausência de ocupação nesta área. Em um raio próximo, existe apenas uma pequena residência da fazenda Santa Luzia na parte leste do relevo.

#### 6.2.1) A Produção de Brita

Segundo Valverde (2001), a rocha britada foi usada com diversos fins industriais, concreto do cimento, cal, indústria química e metalurgia. Por ser produto de baixo valor e constituir recurso mineral dos mais acessíveis à população, a possibilidade de substituição da brita por outros produtos naturais ou industrializados é quase nula. Eventualmente, pode ocorrer sua substituição em algum processo na construção civil. A participação dos tipos de rocha utilizadas na produção de brita é a seguinte: granito e gnaisse – 85%; calcário e dolomito – 10%; e basalto e diabásio-5%.

Dos relevos vulcânicos cartografados até agora, apenas dois foram explorados para mineração, o Ancuri e o Caruru, sendo que a exploração do primeiro já alguns anos não existe mais, enquanto que o segundo é o único atualmente a ser explorado, especialmente para a fabricação de britas. De acordo com os estudos de Impacto-Ambiental, a previsão mensal é de 3 a 20 mil m<sup>3</sup>, destinado principalmente para a cidade de Fortaleza, tanto pela proximidade como pela demanda exigida. O quadro (4.1) mostra as reservas de granitos e do fonólito do Caruru para a produção de brita na RMF.

LOCALIZAÇÃO		RESERVA (m <sup>3</sup> )	
Município	Localidade	Medida	Indicada
Itaitinga	Serra da Itaitinga-3 pedreiras	16.035.892	4.365.062
Caucaia	Taquara-1 pedreira	7.105.300	
Caucaia	Faz. Arara-1-pedreira	10.000.000	
Caucaia	Guararu- 1 pedreira	7.200.00	
Caucaia	Serra do Boqueirão- 1 pedreira	8.900.000	
Pacatuba	Serra da Monguba- 4 pedreiras.	70.512.052	5.100.000
Maranguape	Serra de Maranguape-1 pedreira	13.344.000	5.300.000
Eusébio	Serrote do Cararu- 1 pedreira.	2.054.600	1.335.020

QUADRO-4.1 Reservas de granito e fonólito para a RMF. Fonte: DNPM/10º DS-CE, 2000

### 6.2.2) A Produção de Cimento

Para Santi e Sevá-Filho (1999), a alteração ambiental associada à produção do cimento e ao funcionamento da indústria cimenteira, está instalada por quase todos os Estados brasileiros, e a sua inserção sócio-econômica é internacionalmente associada à infra-estrutura do desenvolvimento e à urbanização, pois o consumo do cimento está sempre incluído nas construções de habitações, de edificações e nas grandes obras de engenharia. Os autores ainda chamam atenção para o grande consumo de energia que esse tipo de indústria utiliza no processo de fabricação do cimento.

No Ancuri se dava a única fabricação de cimento em rochas vulcânicas da grande Fortaleza, mas como mencionado antes, extinta há algum tempo, cerca de 5 anos. Segundo Mota (1998), os fonólitos são utilizados para este fim, pelo fato de conterem uma quantidade relativamente alta de materiais fundentes (materiais com elevado teor de álcalis K<sub>2</sub>O e Na<sub>2</sub>O), que baixam o ponto eutético (ponto mais baixo de fusão de dois ou mais materiais que, individualmente, se fundem em temperatura mais elevada do que quando misturados. <http://pt.wikipedia.org/wiki/tec.15/12/2007>) de fusão da massa que será utilizada para cimento. Segundo o mesmo autor, a Itapetinga Agro Industrial S.A., detentora da concessão de lavra do relevo, calculou as seguintes reservas: Medida-1.771.464 ton. indicada-4.625.000 ton. e inferida – 670.000 ton. Todavia, vale lembrar que estes números não representam mais tanta importância em razão do uso no local ter sido erradicado.

### 6.2.3) A Produção de Rochas Ornamentais

De acordo com Vidal et al (2005), a extração de rochas ornamentais, também designadas como pedras naturais, rochas lapídeas vem aumentando expressivamente ao longo dos últimos anos no Brasil, a fim de atender a demanda da construção civil. Este tipo de aproveitamento se dá em tipos litológicos que podem ser extraídos em blocos ou placas, cortados e beneficiados em formas variadas. Seus principais campos de aplicação incluem tanto a confecção de peças isoladas para decoração como esculturas, tampos, balcões e pés de mesa, quanto à confecção de lápides para arte funerária, em geral, e revestimentos internos e externos para construção civil.

O mármore e, principalmente, o granito devido suas características geoquímicas são as rochas mais importantes para este fim, e o Estado do Ceará nos últimos anos, devido suas condições geológicas favoráveis, vêm sendo cada vez mais importante no cenário nacional neste tipo de indústria, isto porque o embasamento cristalino ocupa cerca de 75% da área do Estado, oferecendo condicionamento favorável à ocorrência de granitos, mármore, quartzitos, calcários, vulcânicas alcalinas e conglomerados, com características ornamentais e de revestimentos. As rochas ornamentais e de revestimentos ocorrem em toda a coluna estratigráfica, excluindo as coberturas terciário-quaternárias e quaternárias (VIDAL et al., 2005).

O interessante disso tudo é que esse tipo de uso não estava sendo direcionado para o tipo de rocha que ocorre nos relevos vulcânicos aqui da RMF, entretanto, recentemente segundo o gerente da pedreira Kibrita, a produção que ocorre no “serrote” do Caruru para diversas finalidades, também se estendeu para o aproveitamento como rocha ornamental (que pode ser comercializada para qualquer parte do mundo). Segundo Vidal e Adeodato (2005), nesse tipo de atividade sempre há uma grande quantidade de rejeitos depositados na pedreira, mas que no Estado do Ceará atualmente esses rejeitos estão sendo usados para outras finalidades, diminuindo assim, a perda econômica das empresas. Para o Caruru o rejeito será utilizado para acrescentar a produção de britas.

# CONCLUSÕES:

## CONCLUSÕES:

Mesmo fazendo parte de um fenômeno natural tão peculiar, os relevos vulcânicos da RMF, como nada na natureza, não estão livres da cobiça que atinge empresários do ramo da exploração mineral, resultando, como visto até agora, em destruição do patrimônio ambiental e, por conseqüência, paisagístico cearense. Perde-se um ambiente que poderia até, como ocorre em outras partes do mundo, serem locais de visitas turísticas pela particularidade imposta por sua origem e acrescentar o quadro de beleza já tão opulento existente em nossa região.

Diante da conjuntura exposta em capítulos anteriores, fica evidente nossa preocupação a respeito do futuro desse tipo de relevo existente no Ceará, em particular os da Formação Messejana. A erradicação do contexto geomorfológico da RMF é fato a se levar em consideração, basta lembrar o processo pelo qual passa o relevo do Caruru, que já teve boa parte de seu domo consumido e que talvez nas próximas duas décadas possa restar pouco ou quase nada. Episódio ocorrido também no Ancuri que teve sua parte sul durante um bom período sendo explorada.

Diante dessa realidade, o que podemos pensar para os outros relevos vulcânicos que até agora ainda não foram alvo deste processo? Preocupa-nos mais ainda saber que existem, além da concessão da lavra funcionando atualmente (Caruru) e outra parada (Ancuri), mais duas concessões de lavra, segundo Roberto (2000), cujos títulos já expiraram. E se não estivessem sido esquecidas, o que teria acontecido? Desta maneira, o que nos faz concluir é que a mineração nesses ambientes tende a se expandir para outros relevos da Formação Messejana, na medida em que estudos mais eficientes são feitos sobre estas rochas, que parecem entrar de vez no rol das descobertas do mundo da mineração.

Devemos diante do fato buscar novas formas, novos critérios, repensar o modo consumista que levamos, aplicar uma fiscalização mais eficiente dos órgãos competentes, trabalhar em cima de estudos detalhados destas áreas para buscar um modelo sustentável, e, assim, diminuir os impactos causados pela mineração. Devemos na verdade urgentemente proteger a natureza ou as conseqüências que já acontecem hoje, serão cada vez mais frequentes e catastróficas.

Portanto, através de todas as técnicas e metodologias utilizadas no desenvolvimento do trabalho, buscamos sempre o aprimoramento e resultados concretos da pesquisa sobre a Formação Messejana, chegando em resultados que acreditamos estarem de acordo com que nos

propomos a princípio, baseados em observações em campo, uso de técnicas computacionais e, principalmente, através de uma vasta revisão bibliográfica, podemos concluir que:

A Formação Messejana localiza-se na Região Metropolitana de Fortaleza, formando uma espécie de arco ao entorno da cidade, em um número total de 10 relevos que se apresentam com forma que se destacam na paisagem (necks) e alguns diques de pequeno porte.

A morfologia de seus necks apresenta-se bem diversificadas, tendo suas formas de serrotes circulares e elipsoidais com dimensões que variam de 300m até 2 km de extensão, 45 m até 450 m de altitude. Enquanto o único neck em forma dômica apresenta 350 metros de extensão e 59 metros de altitude acima do nível do mar. Por último, os diques com espessura nunca superior a 15 m.

Estes relevos apresentam-se sempre com vertentes íngremes que em conjunto com as condições climáticas reinantes na área, do tipo semi-árido a sub-úmido, funcionam como barreiras para a formação de solos bem desenvolvidos, que influenciará, por conseguinte, em uma vegetação de um modo geral de pequeno porte. Neste sentido, o Caruru e o Ancuri por receber influências litorâneas apresentam uma vegetação de porte maior que o Pão-de-açúcar que se localiza na depressão sertaneja, em um clima, portanto, mais árido.

Os necks por serem considerados estruturas intrusivas discordantes formadas a partir da solidificação dos magmas no interior dos antigos condutos vulcânicos, nos faz concluir que os relevos expostos na RMF com tais características, estiveram durante alguns milhões de anos em sub-superfície, mas que ao longo destes trinta milhões de anos foram sendo exumados através dos processos morfogenéticos que permearam a elaboração do relevo da RMF, resultando em formas singulares observadas atualmente.

Suas rochas estão incluídas entre as mais alcalinas (ricas em sódio e potássio) do Nordeste brasileiro com grande presença de feldspatos/feldspatóides. Através de análises químicas nestas rochas determinou-se que a idade do vulcanismo gira em torno de 30 milhões de anos (Oligoceno do período Terciário), época de eventos vulcânicos em alguns setores de alguns estados do Nordeste brasileiro, como Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Bahia.

A maneira como se processou o magmatismo em superfície é algo difícil de se saber, haja visto, o tempo ocorrido do fenômeno. Mesmo tendo a origem associada ao manto superior, isto não implica o caráter explosivo ou efusivo da erupção, dado que ela depende do conteúdo em voláteis do magma e da viscosidade. No entanto, o alto conteúdo de  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  naturalmente

ajuda a baixar a viscosidade do magma, o que de certa forma podemos inferir uma erupção mais efusiva, isto é, com um pequeno derrame de lava para o magmatismo ocorrido nesta região.

Quanto à sua gênese, esta ainda não é bem definida. Duas correntes normalmente são aceitas: a que prega a origem ligada ao vulcanismo oriundo de uma zona de fraturas oceânicas que se estenderia ao continente e, a mais provável, a que prega a origem do vulcanismo como sendo formado a partir do movimento desta área da placa sul-americana sobre um *hot spot* (ponto quente). Ponto comum entre ambas é a ligação entre a Formação Messejana e o arquipélago de Fernando de Noronha, isto é, as duas formações são oriundas do mesmo evento.

O contato de alguns relevos da formação (Caruru e Ancuri) com os sedimentos da Formação Barreiras, possibilita a compreensão das mudanças na área de estudo, mostrando que a área de essencialmente cristalina passou para uma área, sobretudo sedimentar.

Baseados em estudos gerais sobre erosão, estima-se que a área de estudos teve em torno de 300m de erosão nos últimos 30 Ma, fato suficiente para eliminação total dos antigos edifícios vulcânicos, e exposição das rochas solidificadas dentro dos antigos condutos, os chamados necks.

As fraturas herdadas deste vulcanismo apresentam-se de direção NE, sendo importantes guias na hidrogeologia da Região Metropolitana de Fortaleza em dois aspectos: o primeiro refere-se ao seu condicionamento de circulação da água obedecendo ao trend geral dos principais lineamentos estruturais da região; e o segundo, diz respeito a presença de aquíferos de boa qualidade e com boas vazões dentro desses condutos estruturais.

Alguns dos relevos passaram (Ancuri) ou passam (Caruru) por processos de exploração mineral para diversas finalidades, com o objetivo de atender o setor da construção civil da Região Metropolitana de Fortaleza, ficando sua morfologia atual controlada por esse tipo de atividade.

O mapeamento na escala de 1:15.000 para o relevo Caruru, foi executado de forma compatível com os anseios de uma melhor compreensão de suas unidades geoambientais. Podemos observar a complexidade da área em questão e a área deste relevo que já foi consumida pela atividade de mineração.

A população de um modo geral desconhece a importância e a origem desses tipos de relevos em nosso estado, causando quase sempre, uma grande surpresa quando se fala da origem vulcânica dos referidos.

Mesmo existindo trabalhos científicos a respeito desta formação, ainda sim, ela carecia de uma atenção maior. A pertinência da realização de estudos morfoestruturais e ambientais no qual nos propomos se fazem necessário, para que este tipo de relevo sirva de fonte para estudos de evolução regional, assim como passem a serem vistos por autoridades governamentais como importantes elementos da paisagem, usando-os como fonte, quem sabe, de visitas turísticas, obtendo desta forma, uma proteção mais eficiente para relevos desse tipo em nosso estado.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M.J.N. et. al. **Dados climatológicos: estação de Fortaleza, 2000.** Boletim Agrometeorológico, 25. p: 1-17. Fortaleza: EMBRAPA agroindústria tropical/UFC, 2001.

ALMEIDA, F.F.M. **Relações Tectônicas das Rochas Alcalinas Mesozóicas da Região Meridional da Plataforma Sul-Americana.** Revista Brasileira de Geociências 13(3): p: 139-158, 1983.

\_\_\_\_\_ **Distribuição Regional e Relações Tectônicas do Magmatismo Pós-Paleozóico no Brasil.** Revista Brasileira de Geociências, vol. 16(4): p: 325-349, 1986.

\_\_\_\_\_ et. al. **Magmatismo Pós-Paleozóico no Nordeste Oriental do Brasil.** Revista Brasileira de Geociências 18(4): p: 451-462, 1988.

\_\_\_\_\_ et. al. **Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira com das áreas emersas adjacentes.** Revista Brasileira de Geologia 26 (3): p: 125-138, 1996.

\_\_\_\_\_ **Participação do Brasil na grande revolução das Geociências.** Terræ Didatica 1(1):44-49, 2005.

\_\_\_\_\_ **Ilhas oceânicas e suas relações com a tectônica atlântica.** Terræ Didatica 2 (1):3-18, 2006.

ARAI, M. **A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do grupo Barreiras.** Revista do Instituto de Geociências-USP. São Paulo, vol 6, n.2, p: 1-6, 2006.

ARTHAUD, M. et. al. **Geocronologia e estruturação do estado do Ceará: NW da Província Borborema, NE do Brasil.** XVII Simpósio de Geologia do Nordeste, Fortaleza, 1997.

BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global.** Caderno de ciências da terra, São Paulo, 1972.

BÉTARD, F. et. al. **Gis and morphostructural mapping: a contribution to the morphotectonic study of the Baturité Massif, Northeastern Brasil.** IDES, Université de Paris-Sud, 2004.

BEZERRA, F.H.R. et. al. **Pliocene-quaternary fault control of sedimentation and coastal plain in NE Brazil.** Journal of South american earth sciences (14). P/61-75, 2001.

BIGARELLA, J. J. **The Barreiras Group in Northeastern Brazil.** Anais Academia Brasileira de Ciências, 47: 365-393. 1975.

BLOOM, A L. **Superfície da Terra.** Ed: Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1996.

BOILLOT, G. **Géologie des Marges Continentales.** 3ª edição. Masson, Paris, 1990.

BONITO, J. **A influência do vento no transporte de cinzas e de poeiras provenientes da atividade vulcânica: proposta de uma atividade experimental.** Revista Portuguesa de Pedagogia, 2005.

BRAGA, A.P.G. et. al. **Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará.** Projeto Fortaleza, DNPM Brasília, 1981.

BRANCO, S. M; BRANCO, F.C. **A Deriva dos Continentes.** São Paulo: Moderna, 1992.

BRANDÃO, R.L. **Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza.** Projeto Sinfor: CPRM, 1995.

BRAUN, O.P.G. **Algumas considerações geotectônicas sobre eventos vulcânicos mesozóico-cenozóicos no Brasil.** III Simpósio de vulcanismo e ambientes associados. Cabo Frio, RJ, 2005.

BRITO NEVES, B,B; SCHOBENHAUS, C. **A Geologia do Brasil no Contexto da Plataforma Sul-Americana. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil:** texto, mapas & SIG/ORG; BIZZI, LA; SCHOBENHAUS, C; MARY, R; GONÇALVES, J.H. - Brasília:CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2003.

\_\_\_\_\_ **América do sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário**

**Andino**. Revista Brasileira de Geociências 29(3): p: 379-392, 1999.

CARNEIRO, D.C; HAMZA, V.M; ALMEIDA, F.F.M. **Ativação Tectônica, Fluxo Geotérmico e Sismicidade no Nordeste Oriental Brasileiro**. Revista Brasileira de Geociências 19(3): 310-322, 1989.

CASTRO, D.L: COSTA, F.C.N. **Mapa gravimétrico do estado do Ceara**. Revista de Geologia da UFC, vol. 12, 69-80, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo. Edgard Blucher, 1980.

\_\_\_\_\_ **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo, Edgard, Blucher, 2000.

CLAUDINO-SALES, V.C. **Geografia, Sistemas e Análise Ambiental: Abordagem Crítica**. Geosp- Espaço e tempo, nº 16 p: 125-141. São Paulo, 2004.

\_\_\_\_\_ **Os Litorais Cearenses**. In: SILVA, J.B; CAVALCANTE, T.C; DANTAS, E.W.C; SOUSA, M.S. Ceará: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2005.

CORDANI, U.G; BLAZEKOVIC, A. **Idades Radiométricas das Rochas Vulcânicas dos Abrolhos**. Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Geologia p: 265-270. Brasília, 1970.

CORDANI, U.G. **Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul**. Boletim IGA, v. 1, 1970.

COSTA, R.C. et. al. **Aspectos hidrogeológicos da sistema dunas/paleodunas, Fortaleza, Ceará, Brasil**. Revista de Geologia da UFC, vol. 17, nº2, 131-142. Fortaleza, 2004.

CPRM. **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará**. Serviço Geológico do Brasil. Escala:1.500.000, Cd Rom, 2003.

DANA, J.D. **Manual de Mineralogía**. Rio de Janeiro, S.A, 1984

DANTAS, A.R; BEZERRA, F.H.R. **O Sistema de Informação Geográfica (SIG) como Ferramenta no Estudo da Distribuição Geográfica do Magmatismo Macau.** II Workshop de Avaliação Anual dos PRH's-ANP da UFRN. Natal, 2002.

DOMINGUEZ-RODRIGUEZ, M. **Tafonomía y ciencia ficción: Algunos casos Prácticos.** Guardens de prehistoria i arqueologia de castello. (19) p: 7-26, Castelló de plana, 1998.

EIA-RIMA (Estudo de impacto ambiental-Relatório de impacto ambiental). **Projeto de mineração de fonólito e areia, Eusébio-Ceará.** EMPEL (Empreendimento de engenharia Ltda), maio, 1997.

FAIRCHILD, T.R. TEIXEIRA, W. BABINSKI, M. **Em Busca do Passado do Planeta: Tempo Geológico.** Decifrando a Terra. Org: Wilson Teixeira et al. p: 305-326. São Paulo, 2003.

FARIAS, C.E.G. **Mineração e meio ambiente no Brasil.** Relatório preparado para o CGEE (PNUD), 2002. Disponível em [www.cgee.org.br](http://www.cgee.org.br)

FODOR, R.V; MUKASA, S.B; SIAL,A.N. **Isotopic And Trace-Element Indications of Lithospheric And Asthenospheric Components is tertiary Alkalic Basalts, Northeastern Brasil.** Lithos (43) p: 197-217, 1998.

FRANÇOLIN, J.B.L; SZATMARI, P. **Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira.** Revista Brasileira de Geociências 17 (2): p: 196-207, 1987.

GONÇALVES, J.S.L; HERRMANN, H. **Mineração e legislação ambiental no Brasil: integração ou conflito?.** XLI Congresso Brasileiro de Geologia: A Geologia e o Homem. João Pessoa, 2002.

GUIMARÃES, I.P; SIAL, A.N; FILHO, A.F.S. **Petrologia e Geoquímica da Província Alcalina Terciária Fortaleza, Ceará.** XXXII Anais do Congresso Brasileiro de Geologia p: 577-588. Salvador-Ba, 1982.

IMPLANCE, **Atlas do Ceará,** Fortaleza, 1989.

ISLA, F.I. **Uniformitarismo Transgressivo o Regressivo?** Boletim Paranaense de Geociências. UFPR (46) 165-174. Curitiba, 1998.

**KARÁTSÓN, D. Rates and factors of stratovolcano degradation in a continental climate: a complex morphometric analysis for nineteen Neogene/Quaternary crater remnants in the Carpathians.** Journal of volcanology. (73), 1996.

LAPORTE, L.F. **Ambientes de sedimentação.** Ed: Edgard Blucher, 1982.

LEINZ, V; AMARAL, S.E. **Geologia Geral.** São Paulo: Nacional, 1987.

LIMA, C.C.U. **O neotectonismo na costa do sudeste e do nordeste brasileiro.** Revista de ciência e tecnologia (15), p: 91-102, 2000.

MAIA, L.P. **Processos Costeros Y Balance Sedimentário a Lo Cargo de Fortaleza (NE Brasil): Implicaciones Para una Gestión Adecuada de la Zona Litoral.** Tesis Doctoral, Barcelona, 1998.

MARTINS, G e OLIVEIRA, D.C. **O Enxame de Diques rio Ceará-Mirim no Contexto da Abertura do Oceano Atlântico.** Revista de Geologia da UFC. Vol. 5, 51 a 78. Fortaleza, 1992.

MATOS, R.M.D.. **Tectonic evolution of the Equatorial South Atlantic.** American Geophysical Union, Geophysical Monograph. 115:331-354, 2000.

MAURIN, J. C; RENAUD, K. Isostasie flexure et érosion différentielle: modélisation numérique appliquée au seuil du Poitou. Académie des sciences/Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS, 334 (1149-1155), (2002).

MEDEIROS, M.F. et. al.. **Diagnóstico geoeconômico de Maranguape-Ce.** CPRM, Fortaleza, 1995.

MIZUSAKI, A.M.P; FILHO, A.T; MILANI, E.J; CÍCERO, P. **Mesozoic and Cenozoic Igneous Activity and its Tectonic Control in Northeastern Brasil.** Journal of its South American Earth Sciences, Vol(5) p:183-198, 2001.

**MOHRIAK, W.U. Interpretação geológica e geofísica da bacia do Espírito Santo e da região de Abrolhos: petrografia, datação radiométrica e visualização sísmica das rochas vulcânicas.** Boletim de Geociências da Petrobrás. v (14), n 1, p: 133-142. Rio de Janeiro, 2006.

**MONTEIRO, C.A.F. Geossistema: a história de uma procura.** Ed: Contexto, São Paulo, 2000.

**MORAIS NETO, J.M; ALCKMIM, F.F. A deformação das coberturas terciárias do planalto da Borborema (PB-RN) e seu significado tectônico.** Revista Brasileira de Geociências. 31(1). p 95-106, 2001.

**MOREIRA, A.A.N. Relevo do Nordeste.** IBGE. Geografia do Brasil. Rio de Janeiro, SERGRAF-IBGE, 1977.

**MOTA, R.F. Geologia e Diagnóstico Geoambiental da Região das Pedreiras de Itaitinga, Estado do Ceará.** Dissertação de Mestrado, departamento de Geologia, UFC, 1998.

**MOTA, R.F. Estudos Geológicos-Geofísicos da interface água doce/água salgada em aquíferos da Formação Barreiras no litoral da Região de Caucaia-Pecém/CE-R.M.F.** Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2005.238p.

**MOTOKI, A. et al. Relação entre as texturas de rochas vulcânicas e estruturas de corpos vulcânicos e sub-vulcânicos: exemplos do Brasil, Argentina e Chile.** In: III SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS. Anais p. 387-392, 2005.

**MUZACCHIO, E.A. Procesos recurrentes y procesos irreversibles en Geología histórica.** Filosofia e história da ciência no cone Sul, 3º encontro p: 144-152, Campinas: AFHIC, 2004.

**NIMER, E. Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro, Supren, 1979.

**PASSOS, C.A.B; GOMES, F.E.M. Projeto Alcalina de Salgadinho.** Relatório Final. Recife: DNPM-CPRM, 1979.

PEREIRA, R.C.M; SILVA, E.V. **Solos e vegetação do Ceará; Características gerais.** Um Novo Olhar Geográfico. Org: DA SILVA, J.B. (et. al). Fortaleza, Ed: Edições Demócrito Rocha, 2005.

PESSOA NETO, O.C. **Estratigrafia de seqüências da plataforma mista neogênica da bacia Potiguar, margem equatorial do Brasil.** Revista Brasileira de Geociências, vol: 33 (3) p: 263-278, 2003.

PETTA, R.A; BARBOSA, R.V.N. **Tectônica e Vulcanismo Meso-Cenozóico na Bacia de Boa Vista (PB).** Revista de Geologia da UFC, Vol. 16, nº1, 135-142. Fortaleza, 2003.

PEULVAST, J. P. ; CLAUDINO-SALES, V . **Morpho-structural evolution of the Ceará State Passive Margin.** In: 5th International Conference on Geomorphology, 2001, Tokyo, Japão. Proceeding of the 5th IAG Conference. Tokyo : International Association on Geomorphology-IAG, 2001. v. 1.

PEULVAST, J.P; CLAUDINO-SALES, V. **Barreiras sediments and landforms: observations on the geomorphological meaning of the late Cenozoic onshore sedimentation along the equatorial margin of northeastern Brazil.** II congresso sobre planejamento e gestão das zonas costeiras dos países de expressão portuguesa. P: 1-5, 2004.

\_\_\_\_\_ et. al. **La Bande Côtiere de l'état du Ceará, Nord-est du Brasil: Presentation Geomorphologique.** Fortaleza: UFC, Mercator, ano 3, n.5, 2004.

\_\_\_\_\_ et. al. **Reconstruindo a Evolução de uma Margem Continental Passiva: Um Estudo Morfogenético do Nordeste Brasileiro.** Panorama da Geografia Brasileira, ORG: DA SILVA, J B; LIMA, C; ELIAS, D. São Paulo: Annablume, 2006.

\_\_\_\_\_ et. al. **Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do Estado do Ceará, nordeste do Brasil.** Revista Caminhos de Geografia (Revista on line), 2007.

\_\_\_\_\_ et. al. **Low post-Cenomanian denudation depths across the Brazilian Northeast: Implications for long-term landscape evolution at a transform continental margin.** Global and Planetary Change (62), 39-60, 2008.

RESTREPO, M.Z. **Una Estrategia Didáctica para el Aprendizaje de la Paleontología.** Unión Geofísica Mexicana. p: 453-458. Diciembre , 2002.

ROBERTO, F.A.C. et. al. **Distritos mineiros do estado do Ceará**. Fortaleza:DNPM.10º distrito, 2000.

RODRIGUES, C. A **teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais**. Revista de Geografia da USP, v: (14) p: 69-77, 2005.

RODRIGUEZ, J.M.M; SILVA, E.V e CAVALCANTI, A.P.B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: ed: UFC, 2004.

SAADI, A; TORQUATO, J.R. **Contribuição a Neotectônica do Estado Ceará**. Revista de Geologia da UFC. Vol. 5: 5 a 38. Fortaleza, 1992.

SABADIA, J.A.B; CASAS, A. **Geofísica ambiental na grande Fortaleza: experiências com a utilização de técnicas não invasivas (“FDEM” 31 e 34) em estudos de poluição das águas subterrâneas**. Revista de Geologia da UFC, vol. 16, 63-70. Fortaleza, 2003.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **História Ecológica da Terra**. São Paulo, Edgard Blucher, 1998.

SALIM, J; LIMA, M.S; MABESOONE, J.M. **Feições Morfológicas do Rio Grande do Norte**. Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia p: 421-424. Aracajú, SE, 1987.

SANTI, A.M.M; SEVÁ-FILHO, A.O. **Estudo sobre a difícil sustentação ambiental da fabricação do cimento no Brasil, anos 1990**. VIII Congresso Brasileiro de energia, Rio de Janeiro, 1999.

SANTOS, A.M.F. et. al. **Sistema de informações geográficas como suporte para monitoramento e gestão das atividades de mineração na microrregião de Fortaleza-ce**. Anais CD-ROM, Eixo 1 p: 139-149. XII Simpósio de geografia física aplicada, Natal-RN, 2007.

SANTOS, J.O; SOUZA, M.J.N. **Diagnostico da bacia hidrográfica do rio Cocó-região metropolitana de Fortaleza-Ce**. Anais XII simpósio brasileiro de geografia física aplicada, Cd rom, eixo 9. P?657-673, Natal-Rn 2007.

SEMACE (Superintendência Estadual do meio Ambiente). **A proteção ambiental sob a ótica dos municípios do estado do Ceará.** SEMACE-Fortaleza, 1993.

\_\_\_\_\_ **Zoneamento ecológico econômico do Ceará-zona costeira.** Semace-UFC et. al., Fortaleza, 2006.

SIAL, A.N. **Significado tectônico do posicionamento de rochas basálticas pós-paleozóicas do nordeste do Brasil.** Boletim do núcleo do nordeste da sociedade brasileira de geologia p: 37-46. Recife, 1975.

\_\_\_\_\_ **The Rio Grande do Norte Alkali-olivine Basalt Association, Northeast Brasil.** Revista Brasileira de Geociências. Volume (6) p: 1-14, 1976.

SILVA, M.V. **Classificação fitossociológica das espécies vegetacionais das dunas fixas do litoral, estado do Ceará-Brasil.** International symposium on coastal dunes. Org: Labomar-UFC; Geografia-UFC, Fortaleza, 2005.

SOBREIRA, J.F.F; FRANÇA, R.L. **Um modelo tectônico-magmático para a região do complexo vulcânico de Abrolhos.** Boletim de Geociências da Petrobrás. V:14 n.1 p:143-147, Rio de Janeiro, 2006.

SOBRINHO, J.F. **Litoral Cearense: uma contribuição para a tipologia das dunas.** SILVA, J.B. et al. (Orgs). Litoral e Sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro, Fortaleza/ expressão gráfica, 2007. p 433-446.

SOTCHAVA.V.B. **O Estudo de Geossistemas.** Métodos em Questão. São Paulo, 1977.

SOUZA, M.J.N. **Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-Estruturais do Estado do Ceará.** Revista de Geologia da UFC nº 1, p: 73-91. Fortaleza, 1988.

SOUZA, Z.S. et al. **Geochronology of Mesozoic and Cenozoic magmatism in NE Brazil.** IV South American symposium on isotope geology. P: 691-694, 2004.

SZABÓ, G.A.J. et al. **Rochas ígneas.** In: TEIXEIRA, W et al (org). Decifrando a terra. p: 328-346. São Paulo, oficina de textos, 2003.

SZATMARI, P. et. al **Evolução Tectônica da Margem Equatorial Brasileira**. Revista Brasileira de Geociências. Vol 17(2) p:180-188, 1987.

TASSINARI, C.C.G. **Tectônica global**. In: TEIXEIRA, W et al (org). Decifrando a terra. p: 97-111. São Paulo, oficina de textos, 2003.

TEIXEIRA, W. **Vulcanismo: produtos e importância para a vida**. In: TEIXEIRA, W (et. al) (org). Decifrando a terra. p: 348-380. São Paulo, oficina de textos, 2003.

THOMAZ FILHO, A. et. al. **Traços vulcânicos de “Hot spot” e suas implicações na movimentação das placas litosféricas- o caso da Bacia de Campos (RJ)**. III Simpósio de vulcanismo e ambientes associados. Cabo Frio, RJ, 2005.

THOMAZ-FILHO, A. et. al. **Rifting And Magmatism Associated With The South America And Africa Break Up**. Revista Brasileira de Geociências, 30 (1) p: 17-19, 2000.

TOLEDO, M.C.M. et. al. **Intemperismo e formação do solo**. In: TEIXEIRA, W et al (org). Decifrando a terra. p: 141-166. São Paulo, oficina de textos, 2003.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

TSOAR, H; ARENS, S.M. **Mobilização e estabilização de dunas em cs úmidos e secos**. Mercator (Revista da Geografia-UFC). Ano 2-Número 3, pág: 131-144., 2003.

VANDOROS.P; OLIVEIRA, M.A.F. **Sobre o Fonólito de Mecejana, Ceará**. Anais da Academia Brasileira de Ciências p: 40-42, 1968.

VIDAL, F.W.H; ADEODATO, F.I.F. **Aproveitamento de blocos de tamanhos despadronizados, através de talha-blocos**. I congresso internacional de rochas ornamentais, p: 1-6, Guarapori-ES, 2005.

VIDAL, F.W.H. et. al. (2005). **Rochas ornamentais e de revestimentos**. Centro de tecnologia mineral, Ministério da Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2005.

VALVERDE, F.M. **Agregados para construção civil**. Balanço mineral brasileiro, 2001.

ZANELLA, Maria Elisa. **As Características Climáticas e os recursos Hídricos do Estado do Ceará**. Ceará: Um Novo Olhar Geográfico. Org: DA SILVA, J.B. et. al. Fortaleza, Ed: Edições Demócrito Rocha, 2005.

ZUQUETTE, L.V. et. al. **Engineering geological mapping developed in the Fortaleza metropolitan region, state of Ceara, Brazil**. Engineering geology, 71, p<227-253, 2004.

### SITES CONSULTADOS

<http://www.semace.ce.gov.br>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/tec>

<http://www.vulcanoticias.hpg.com.br>

<http://www.ibge.gov.br>

<http://www.funceme.com>

# ANEXOS

## **ANEXO -Glosário Geológico-Mineralógico**

**Aegerina**---(Mineral formador de rocha comparativamente raro, encontrado, principalmente, nas rochas ricas em carbonato de sódio e pobres em sílica, como o fonólito, por exemplo).

**Alcális**---(Minerais de Sódio e Potássio)

**Anacilma**---(Comumente um mineral secundário, formado pela ação de águas quentes circulantes depositada em cavidades de rochas ígneas, especialmente as vulcânicas).

**Anfibólios**---(Minerais escuros, 15% dos minerais da crosta, quimicamente forma um grupo paralelo à família dos piroxênios, e contém sempre a hidroxila (OH) e magnésio).

**Basalto**---(Rocha vulcânica (ou lava) que caracteristicamente é escura na cor, com conteúdo de sílica (SiO<sub>2</sub>) entre 45 a 54%, e geralmente, rica em ferro (Fe) e magnésio (Mg).

**Carbonato**---(Os **carbonatos** são sais inorgânicos ou seus respectivos minerais que apresentam na sua composição química o íon carbonato CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>. O mais comum é o calcário ou carbonato de cálcio).

**Dique**---(Corpos discordantes formados quando o magma invade as rochas encaixantes através das fraturas ou falhas, podem ser enormes com até 500Km de comprimento ou pequenos de alguns metros ou centímetros).

**Feldspato**---(Formam um dos grupos de minerais mais importantes. São silicatos de alumínio com potássio, sódio e cálcio).

**Feldspato potássico**---(É representado pelo ortoclásio (K<sub>2</sub>O.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.6SiO<sub>2</sub>).

**Feldspatóides**---(Minerais semelhantes aos feldspatos mas que apresentam menor quantidade de sílica).

**Fenocristais**---(Cristais de tamanhos avantajados que se sobressaem sobre os demais em uma textura).

**Fonólitos**---(rochas constituídas por fenocristais de sanidina).

**Minerais Félsico**---(Félsicos-Si, Al, Na e K-Alcalinos).

**Minerais máficos**---(Minerais máficos (micas, anfibólios, piroxênios, olivinas, opacos, epidoto, granada, etc.Ricos em Ca-Mg-Fe \_ Cafêmico).

**Mineral Acessórios**---(Um mineral no qual a sua presença não é essencial para a classificação petrográfica da rocha).

**Neck---**( São corpos intrusivos discordantes formados pela consolidação do magma dentro de chaminés vulcânicas, os condutos por onde o magma sobe e chega à superfície através dos vulcões).

**Nefelina---**(Mineral silicato de alumínio e sódio do grupo dos feldspatóides).

**Piroxênios---**(Minerais escuros ricos em Fe e Mg, formados em altas temperaturas e pressões).

**Plagioclásio---**(Rocha intrusiva de composição básica, composta por feldspatos e minerais máficos (plagioclásio e piroxênios).

**Plugue---**(Lava solidificada que preenche o conduto de um vulcão. É usualmente mais resistente a erosão que o material que compõe o cone circundante, e pode permanecer ereto como um pico (cume) solitário, quando o resto da estrutura for erodido).

**Rocha Alcálina---**(Rocha ígnea com elevada percentagem em alcális ( $K_2O + Na_2O$ ) relativamente a sílica e alumina).

**Rocha Básica---**(Um termo descritivo aplicado a rocha ígnea (basalto e gabro) com sílica ( $SiO_2$ ) entre 44% e 52%).

**Rocha Encaixante---**(A rocha que circunda uma intrusão ígnea).

**Rocha Félsica---**(Uma rocha ígnea que tem abundantes minerais de cores claras).

**Sanidina---**(Mineral de feldspato de lavras extrusivas).

**Sodalita---**(Mineral silicato rico em cloro do grupo dos feldspatóides).

**Textura afanítica---**(Rocha de granulação muito fina e cristais imperceptíveis a olho nú).

**Textura Fluidal---**(quando os fenocristais e cristais encontram-se aproximadamente alinhados seguindo a direção preferencial do movimento da lava). Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/tec>

**Textura porfirítica---**(textura que apresenta cristais que sobressaem sobre os demais e os minerais são chamados de Fenocristais).

**Traquito---**(Um grupo de rochas ígneas extrusivas, de fina granulometria, geralmente porfirítica, tendo feldspato alcalino e minerais máficos como os principais componentes, e possivelmente uma pequena quantidade de plagioclásio sódico).

**Traquitóide---**(Traquitos--- Traquito é uma rocha com granulometria fina, constituída principalmente de feldspato alcalino, com pequena quantidade de minerais máficos, tais como anfíbólio e biotita. Pertence ao mesmo clã de álcali seinito).