

ALVIMIR ALVES DE OLIVEIRA
Geólogo, Universidade Federal de Pernambuco, 1961
Mestre, Universidade Federal do Ceará, 1998

IMPACTOS ANTRÓPICOS NOS CARBONATOS DA REGIÃO DE
NOVA OLINDA E SANTANA DO CARIRI – CE

Tese apresentada à Coordenação de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelos Professores Doutores Virgínio Henrique de M. L. Neumann e Jáder Onofre de Moraes, como pré-enchimento parcial dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental.

RECIFE, PE
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Oliveira, Alvimir Alves de

O48i Impactos antrópicos nos carbonatos da região de Nova Olinda e Santana do Cariri – CE / Alvimir Alves de Oliveira – Recife, 2006

222p.: il.

1..Calcário laminado – Pedra Cariri. 2 Geologia Estrutural. – Lavra 3 Geologia Econômica – Lavra.. 5 Geologia Ambiental. – Lavra. I. Título

CDD 553.551

CDU 553.551

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIENCIAS

ALVIMIR ALVES DE OLIVEIRA

Esta Tese mereceu aprovação com distinção e é intitulada

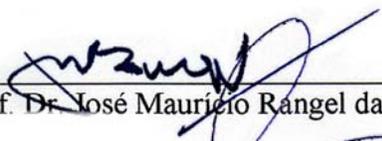
**IMPACTOS ANTRÓPICOS NOS CABORNATOS APTIANOS DA REGIÃO DE NOVA
OLINDA E SANTANA DO CARIRI – CE**

É parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Geociências, concedido pela Universidade Federal de Pernambuco, que conferirá o Diploma, encontrando-se à disposição dos interessados nas Bibliotecas Central e Setorial.

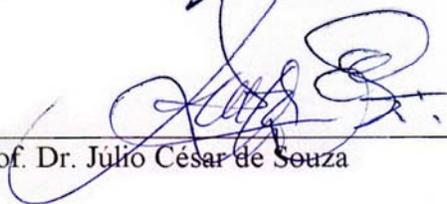
Citação de trecho(s) desta Tese é permitida desde que seja feita de acordo com as normas da Ética Científica, vedando-se sua reprodução, por qualquer meio, sem autorização do autor.



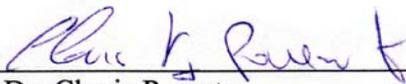
Prof. Dr. Virginio Henrique de M. L. Neumann (orientador) 11/04/2006



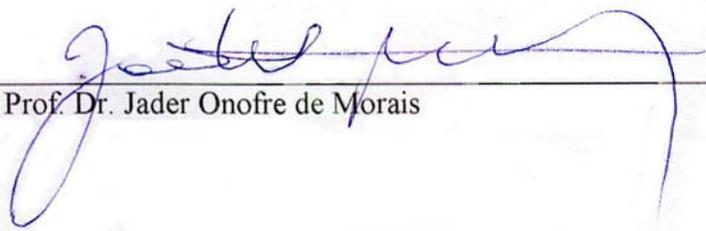
Prof. Dr. José Maurício Rangel da Silva 11/04/2006



Prof. Dr. Júlio César de Souza 11/04/2006



Prof. Dr. Clovis Parente 11/04/2006



Prof. Dr. Jader Onofre de Moraes 11/04/2006

A DEUS, Senhor do Universo, a quem sejam a glória e a honra
para todo sempre.

Aos meus pais, Valdemar e Anésia (homenagem póstuma),
o constante apoio às minhas decisões
e a orientação nos preceitos divinos e embates da vida.

À minha companheira e incansável cônjuge, Joalice, por sua paciência
e tolerância nos momentos difíceis desta caminhada.

Aos meus filhos, genros e netos, primos e sobrinhos,
pelo estímulo permanente
motivando-me a novas conquistas.

À comunidade fraterna cristã, por suas orações intercessoras ao meu favor.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela capacitação e perseverança na consecução dos trabalhos realizados.

Ao Departamento de Geociências e ao Conselho do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Regional do Cariri, pela autorização de afastamento para cumprir créditos no Curso.

Ao Professor Doutor Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann, pela sábia e consciente orientação, interesse e amizade constituídos ao longo do Curso.

Ao Professor Doutor Jáder Onofre de Moraes, pela co-orientação em trabalhos e constante apoio e incentivo durante o Curso.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, nas pessoas da Professora Doutora Lúcia Maria Mafra Valença, pelos incentivos recebidos durante o Curso, e da ex-secretária Walmisa Alves Araújo, exemplo de dedicação ao Programa.

À Fundação Cearense de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pelo apoio logístico em projeto de pesquisa com ajuda na aquisição de equipamentos necessários aos trabalhos.

Ao Projeto de Rede 07-02 – Análogo do Araripe, pelo suporte financeiro em etapas de campo.

Aos Professores Doutores José de Araújo Nogueira Neto, José Maurício Rangel da Silva e Valdir de Amaral Vaz Manso, pela participação na Banca do

Exame de Qualificação, dando idéias e fazendo sugestões de interesse no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas da SECITECE, Francisco Wilson Hollanda Vidal e Manoel William Montenegro Padilha, pelos dados e informações dos trabalhos da instituição no que concerne aos arranjos produtivos locais – APL, realizados no Ceará.

Ao geógrafo Antônio Celso Rodrigues de Melo, pela digitalização de mapas geológico e de composição de imagens de satélite, constantes deste trabalho.

Professor João Vianney Campos de Mesquita, pelo bom trabalho de revisão ortográfica do presente trabalho.

À bibliotecária Ruth Helena Linhares Leite, pela orientação e normalização das notações bibliográficas, da ficha catalográfica e da classificação do trabalho.

Aos colegas Marcelo Roberto Brandão, Marta Maria Rego Barros Fernandes de Lima, Wanessa Souza Marques e José Antônio Barbosa, da Pós-Graduação, e Daniel Henrique Liberal de Moura e Ricardo de Melo Pereira, da Graduação de Geologia da UFPE, além de Martha Noélia Lima e Íris Pereira Gomes, da Graduação da UFC, pela ajuda em trabalhos acadêmicos e de campo.

A todos quantos, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e a conquista do título almejado.

*O temor do Senhor é
o princípio da **Sabedoria**
e a ciência do Santo, a prudência.
Salomão, Rei dos hebreus (991-931a.C.)*

S U M Á R I O

	RESUMO	
	ABSTRACT	
1	INTRODUÇÃO	1
2	POSTULADO TEÓRICO	3
3	MATERIAL E MÉTODOS	7
4	CARATERIZAÇÃO REGIONAL DA ÁREA DE TRABALHO	13
4.1	LOCALIZAÇÃO E ACESSO	13
4.2	ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	13
4.2.1	<u>Clima</u>	14
	• <u>Precipitação</u>	15
	• <u>Temperatura</u>	15
	• <u>Umidade relativa do ar</u>	15
	• <u>Insolação</u>	15
	• <u>Ventos</u>	16
	• <u>Evaporação</u>	16
	• <u>Evapotranspiração</u>	16
	• <u>Flora</u>	16
	• <u>Fauna</u>	23
4.3	GEOLOGIA	24
4.3.1	<u>Evolução tectônica</u>	29
4.3.2	<u>Seqüência estratigráfica</u>	38
	• Unidade basal	40
	Formação Mauriti	40
	• Unidades do Grupo Vale do Cariri	41
	1 Formação Brejo Santo	41
	2 Formação Missão Velha	41
	3 Formação Abaiara	42

• Unidades do Grupo Santana (Neumann, 1999)	43
1 Formação Rio da Batateira	44
2 Formação Crato	45
3 Formação Ipubi	46
4 Formação Romualdo	47
5 Formação Arajara	48
• Unidade final	49
Formação Exu	49
4.4 RECURSOS HÍDRICOS	50
4.5 GEOMORFOLOGIA	51
4.5.1 <u>Zona de Chapada</u>	52
4.5.2 <u>Zona de Talude</u>	52
4.5.3 <u>Zona de Pediplano</u>	53
4.6 POLUIÇÃO	54
5 CARATERIZAÇÃO DOS CARBONATOS DA BACIA DO ARARIPE	56
5.1 CARBONATOS DA BACIA DO ARARIPE	60
5.1.1 <u>Especificações do calcário laminado</u>	63
5.2 A EXPLOTAÇÃO DOS CARBONATOS	71
5.3 APROVEITAMENTO DO CALCÁRIO LAMINADO	76
5.3.1 <u>Material cru</u>	77
5.3.2 <u>Transformação dos carbonatos</u>	78
6 ANÁLISES ESTRUTURAIS	80
6.1 ESTRUTURAS OBSERVADAS	89
6.2 ESTRUTURAS GERADAS PELOS EVENTOS	91
6.3 DADOS COLETADOS DE FRATURAS	82
6.3.1 <u>Região norte (Pedra Branca)</u>	92
• Pedreira do André, afloramento 1	92
• Pedreira de Idemar, afloramento 4	95
6.3.2 <u>Região oeste (Tatajuba)</u>	100
6.3.3 <u>Região oeste (Tatajuba)</u>	104
6.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	107
6.5 LEVANTAMENTO PRELIMINAR	108

6.6	RESULTADOS DO LEVANTAMENTO PRELIMINAR (Geral)	109
6.7	SCANLINE OU LINHA DE CAPTAÇÃO	110
7	ANÁLISES ECONÔMICAS	113
7.1	MATÉRIA-PRIMA	115
7.1.1	<u>Produtos de calcário</u>	116
7.2	COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS	118
7.3	ESTUDOS DO REJEITO MINERAL	120
7.3.1	<u>Arranjos Produtivos Locais – A P L</u>	120
7.3.2	<u>Volume extraído das pedreiras</u>	125
7.4	APROVEITAMENTO DO REJEITO MINERAL	126
7.5	CONSIDERAÇÕES	136
8	ANÁLISES AMBIENTAIS	137
8.1	IMPACTO AMBIENTAL	138
	• Conceituação	138
8.2	IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS	141
8.2.1	<u>Meio físico</u>	143
	• Recursos hídricos	144
	• Solos	145
	• Atmosfera	146
	• Patrimônio fossilífero	146
8.2.2	<u>Meio biótico</u>	147
	• Fauna	147
	• Flora	148
	• Ecossistema	149
8.2.3	<u>Meio antrópico</u>	149
	• Qualidade de Vida	150
	• Valores paisagísticos	150
8.3	DIAGNÓSTICO	151
8.3.1	<u>Calcário Laminado</u>	152
8.3.2	<u>A Legislação</u>	154
8.3.3	<u>Os efeitos na área mineira</u>	156
9	CONCLUSÕES	163
9.1	CONSIDERAÇÕES	163

Oliveira, A.A. de - 2006	x
Impactos Antrópicos nos Carbonatos da Região de Nova Olinda e Santana do Cariri – CE	
9.1.1 <u>Geologia e Estrutural</u>	164
9.1.2 <u>Economia</u>	165
9.1.3 <u>Meio Ambiente</u>	165
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167
APÊNDICES	181
Apêndice A – Flora	181
Apêndice B – Fauna	190
ANEXO (saco plástico)	
Levantamento Geológico	
Impactos antrópicos nos Carbonatos da região de Nova Olinda e Santana do Cariri – CE (Tese de Doutorado)	

Q U A D R O S

Quadro 3.1	Composição da área do projeto em Mosaicos Geocover TM5 Landsat nas bandas 2 no azul, 4 no verde e 5 vermelho, apresentando, principalmente pontos de visitas, áreas de mineração, estradas (vermelho), riachos (azul) e cidades e distritos (reticulado).	12
Quadro 4.1	Resumo comparativo das principais divisões estratigráficas propostas para a Bacia do Araripe (extraído de Neumann, 1999).	31
Quadro 5.1	Concentrações de H_2CO_3 , HCO_3^- e CO_2^- em função do pH da solução aquosa a 25°C; em pH ácido, favorecem carbonatos, em pH neutro a pouco básico, formam-se bicarbonatos e em pH básico, há domínio de ácido carbônico (segundo McLane, 1995).	57
Quadro 5.2	Relação dos processos industriais em que os carbonatos são agentes (condensado de PASSOS GUIMARÃES, 1985).	78
Quadro 5.4	Tipos básicos de carbonatos aplicáveis na região do Cariri, em face das propriedades físicas e químicas do calcário laminado da Formação Crato (dados extraídos das especificações da Tabela 7.1 de LIMAVERDE <i>et al.</i> , 1987).	79
Quadro 7.1	Métodos de usos de material cru, em três grupos de atividades distintas com diferentes graus de dificuldade de execução (traduzido de Guillard & Houben, 1995).	128
Quadro 7.2	Propriedades de cales teoricamente puras (extraído da Tabela 2 de Herron & Mitchell, 1966).	129
Quadro 8.1	Parâmetros de classificação de atributos de impactos ambientais (extraído de Queiroz, 2002).	140
Quadro 8.2	Conceituação de atributos utilizados na avaliação de impactos ambientais na região de Nova Olinda, segundo Queiroz (2002).	141
Quadro 8.3	Lista de ações realizadas e a realizar na área mineira em Nova Olinda – CE, explorando calcário laminado para a produção de lajes de pisos e revestimentos, relacionando-as com possíveis impactos decorrentes.	142
Quadro 8.4	Matriz de causa e efeito idealizada por Leopold (1984 <i>apud</i> Fernandez-Vitória, 1997) para calcular a quantidade de interações possíveis em uma análise ambiental.	154
Quadro 8.5	Características de um impacto ambiental, segundo de Fernandez-Vitória, (1997).	151
Quadro 8.6	Relação de problemas e soluções para os impactos adversos das atividades mineiras na região de Nova Olinda e Santana do Cariri.	162

F O T O G R A F I A S

Foto 4.1	Mata úmida na vertente da Chapada do Araripe, lado cearense, revelando árvores com até 10m de altura (extraído de Brasil/IBAMA, 1999).	17
Foto 4.2	Mata seca na encosta da Chapada do Araripe, lado norte, no Ceará, em interflúvios de morros residuais de estratos da seqüência sedimentar (extraído de Brasil/IBAMA, 1999).	19
Foto 4.3	Cerradão em cima da Chapada do Araripe com suas características específicas nas altas cotas de 800m a 1.000m (extraído de Brasil/IBAMA, 1999).	20
Foto 4.4	Caatinga arbustiva arbórea nas encostas da Chapada, que, em todo o Ceará, representam 80% de seu território (extraído de Brasil/IBAMA, 1999).	21
Foto 5.1	Litofácies D1 – Ritmito argila-carbonato e microfalha normal na Sm1.	63
Foto 5.2	Litofácies D1, submicrofácies Sm1 – ritmito argila-carbonato.	64
Foto 5.3	Calcário laminado com alternâncias de bandas claras e escuras (litofácies D2, Sm5).	64
Foto 5.4	Caverna decimétrica em calcário laminado de coloração creme (litofácies D2, Sm2).	65
Foto 5.5	Microfalha normal com arranjo em dominó de rejeito milimétrico.	66
Foto 5.6	Microfalha normal de rejeito milimétrico, Sm2.	66
Foto 5.7	Microfalha normal de rejeito milimétrico, Sm2.	66
Foto 5.8	Estrutura do tipo <i>microslump</i> , na Sm4.	66
Foto 5.9	Calcário laminado de tom creme com fóssil de <i>Dastilbe elongatus</i> (cerca de 5cm), na submicrofácies Sm5.	67
Foto 5.10	Fotomicrografia de fratura preenchida de calcita inserida na submicrofácies Sm2 (aumento de 2x com nicóis cruzados).	68
Foto 5.11	Fotomicrografia de sistema de fraturas sem preenchimento da submicrofácies Sm2 (aumento de 2x com nicóis cruzados ou luz ortoscópica – idêntica a da Foto 5.10).	68
Foto 5.12	Fotomicrografia de fratura preenchida de calcita na submicrofácies Sm2 (aumento de 2x com nicóis cruzados).	69
Foto 5.13	Fotomicrografia de piritita framboidal e fratura de calcita na submicrofácies Sm2 (aumento de 2x c/ luz ortoscópica).	69
Foto 5.14	Fotomicrografia de fratura preenchida de calcita na submicrofácies Sm2 (aumento de 2x com nicóis cruzados).	70

Foto 5.15	Fotomicrografia de pirita framboidal e fratura de calcita na submicrofácies Sm2 (aumento de 2x c/ luz ortoscópica).	70
Foto 5.16	Máquina de corte utilizada nos trabalhos semi-mecanizados de lavra dos calcários laminados: a) tipo primitivo usado até 1995 e b) tipo empregado em seguida e atualmente; ambos foram instrumentos que o minerador Antônio Felipe, de Tatajuba, utilizou, como pioneiro em mecanização dos trabalhos mineiros na região (Oliveira, 1998).	71
Foto 5.17	Máquina de corte atualmente ativa em pedreira de Cantagalo, Santana do Cariri, afloramento 5, muito semelhante a da foto anterior – 5.16b (do autor).	72
Foto 5.18	Fraturas fechadas com pouca penetração de água e material superficial (do autor).	73
Foto 5.19	Fraturas abertas, preenchidas por material decomposto (do autor).	73
Foto 5.20	Residência com ladrilhos compondo a frente e o muro da casa em Crato (Oliveira, 1998).	74
Foto 5.21	Lajes irregulares, com tamanhos diferentes do padrão, são retiradas mediante pedidos e encomendas específicos dos compradores/consumidores (Oliveira, 1998).	75
Foto 5.22	Mesa redonda e suporte de material resistente, bancos e ainda o caminho (trilha) para veículo em uma residência no Crato (Oliveira, 1998).	75
Foto 6.1	Concreções e nódulos decimétricos em camada carbonática, indicados pelas setas, compõem parte da seqüência em que a exploração de placas nas pedreiras é encerrada, afloramento 3, pedreira de Felipe – Tatajuba (do autor).	88
Foto 6.2	Pedreira do Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca), em que há cruzamento de fraturas formando ângulo de 30°, aproximadamente, bem como o círculo (C1) no qual foram tomadas medidas de fraturas; ambas as figuras indicadas por setas (do autor).	93
Foto 6.3	Pedreira do André, afloramento 1, na tomada de medidas estruturais para análise dos sistemas, em linha horizontal de 1m e 2m de comprimento; a linha preta na foto está paralela à marca de giz (branco), padrão das medições feitas pelo pesquisador (do autor).	94
Foto 6.4	Pedreira do Idemar, afloramento 4, quando da tomada de medidas estruturais para análise dos sistemas, em outro círculo (C2) de 1m de diâmetro vizinho ao C1 (acima com os pés da pesquisadora inscritos nele), com setas mostrando, além do círculo, novo cruzamento de fraturas (do autor).	95
Foto 6.5	Parte do <i>scanline</i> tomando medidas do carbonato no afloramento 4, pedreira de Idemar em que em a) vê-se o local dos trabalhos e em b) fratura aberta ao longo da linha branca de medições (do autor).	99
Foto 6.6	Pedreira de Cantagalo, afloramento 5, vendo-se camada de cerca de 90cm de espessura, que pode ser a Sm1 da tese de Neumann nesta pedreira (do autor).	104
Foto 6.7	Visão de parte de uma das bancadas da pedreira de Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca) e parede lateral, com a linha de captação dividida em metros (em preto) com diferentes traços vermelhos interceptando-a, que são as fraturas medidas com suas respectivas espessuras proporcionais; as linhas mais largas são as abertas (do autor).	110

Oliveira, A.A. de - 2006		xviii
Impactos Antrópicos nos Carbonatos da Região de Nova Olinda e Santana do Cariri – CE		
Foto 7.1	Pedreira do afloramento 3, Tatajuba, de Antônio Felipe, onde o entulho (rejeito mineral) ocupa espaço maior do que a área operacional, pedreira e serraria, ao fundo, o que já representa um ato de agressão ao Meio Ambiente (do autor).	116
Foto 7.2	Casa construída com tijolos solo/cal, na favela Campo Limpo, São Paulo, pela ABPC.	133
Foto 7.3	Casa construída com tijolos solo/cal, em Limoeiro do Norte – Ceará, pelo NUTEC.	133
Foto 7.4	Equipamento para produzir tijolos solo/cal do NUTEC, Fortaleza, usados na construção em 1985; ao fundo, encontram-se algumas unidades de tijolos secando ao sol, dispostos na mureta da cerca divisória da propriedade (do autor).	134
Foto 7.5	Guarita do NUTEC, Fortaleza, usada pelo sistema de vigilância da entidade, estando a porta de entrada para a área interna; na base da parede, vê-se desgaste produzido pela ação de chuvas e ventos, que são constantes nesta parte da Cidade, ponto mais alto do município (do autor).	135
Foto 7.6	Visão lateral da guarita do NUTEC, Fortaleza, notando-se desgastes e sujeiras na parede, necessitando manutenção (lavagem com água); não há pintura que não é aconselhável; somente verniz seria a proteção melhor para as paredes, o que nunca foi feito nos mais de vinte de anos de construída (do autor).	135
Foto 7.7	Visão lateral da guarita do NUTEC, no <i>campus</i> da UFC, em Fortaleza, mostrando a entrada de visitantes para a Recepção, onde é feita sua identificação (do autor).	136
Foto 8.1	Pedreira de Massapé do Livramento, na encosta oposta (oeste) do afloramento 4, cheia de entulho, inclusive dentro de linha de escoamento de água, assoreando riacho na parte superior do declive (Oliveira, 1998).	143
Foto 8.2	Pedreira do Baixio do Zé Gomes, Santana do Cariri, com praticamente toda a área de trabalho e caminhos preenchida de entulho e placas (a maioria com dimensões irregulares) para serem cortadas e já descendo a encosta do riacho adjacente à pedreira (Oliveira, 1998).	144
Foto 8.3	Pedreira próxima do Idemar, afloramento 4, em que a atividade inicial mal executada pode proporcionar instabilidade na seqüência geológica e deformar a topografia local, trazendo fortes riscos para os trabalhadores (Oliveira, 1998).	145
Foto 8.4	Pedreira do André, afloramento 1, Pedra Branca, em Nova Olinda, com parte dos serviços paralisados por dificuldades climáticas (poças de água) e material quebrado e não aproveitável, entulhando a <i>praça</i> da frente de mineração (do autor).	158
Foto 8.5	Pedreira do Idemar, afloramento 4, Pedra Branca, em Nova Olinda, com entulho jogado da atual área de operações para outra sem atividade, prejudicial ao futuro aproveitamento da pedreira (do autor).	158
Foto 8.6	Pedreira do Sérgio Major, afloramento 2, em Tatajuba, Santana do Cariri, com serviços dificultados pelo estreitamento da frente de mineração e com material quebrado e não aproveitável no meio da <i>praça</i> (do autor).	159
Foto 8.7	Pedreira do Cantagalo, afloramento 5, em Santana do Cariri, com serviços dificultados pelo estreitamento da bancada e material quebrado e não aproveitável como proteção de estéril (do autor).	159
Foto 8.8	Pedreira do Baixio do Mota, afloramento 6, em Santana do Cariri, com material quebrado jogado em cima da bancada a ser trabalhada junto fazendo proteção do estéril (do autor).	160

F I G U R A S

Figura 3.1	Composição da área do projeto em Mosaicos Geocover TM5 <i>Landsat</i> nas bandas 2 no azul, 4 no verde e 5 no vermelho, apresentando, principalmente pontos de visitas, áreas de mineração, estradas (vermelho), riachos (azul) e cidades e distritos (reticulados) (extraído de NASA).	12
Figura 4.1	Mapa de localização da Bacia Sedimentar do Araripe no contexto nacional, regional e local, com seu limite com embasamento e fronteiras geográficas com Ceará, Pernambuco e Piauí, e área de trabalho em cinza-claro.	14
Figura 4.2	Mapa simplificado localizando principais bacias sedimentares fanerozóicas brasileiras, nas províncias indicadas, revelando ainda bacias interiores do Nordeste da Província da Borborema, marginais da costa (traços vermelhos normais ao litoral mostram seus limites geográficos aproximados) e aulacógenos (extraído de Mohriak, 2003).	25
Figura 4.3	Mapa geológico da Província da Borborema com domínios tectônicos e principais estruturas, além de quatro bacias sedimentares fanerozóicas mais conhecidas: 1 - marginais cenozóicas cearenses, 2 – marginais Potiguar, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, 3 – Araripe e 4 – Tucano Norte / Jatobá (extraído de Delgado <i>et al.</i> , 2003).	27
Figura 4.4	Aulacógenos desenvolvidos nas margens do Atlântico, resultantes a partir da ruptura do Gondwana e formação d Oceano. No detalhe, principais aulacógenos das placas sulamericana e africana: T – Tacutu, B – Benue, R – Recôncavo e A – Argentina (Silva <i>et al.</i> , 2003).	28
Figura 4.5	Comparação das Megasseqüências de Chang <i>et al.</i> (1990) com a seqüência sedimentar do Araripe com as Formações dos Grupos Vale do Cariri e Santana (segundo Neumann, 1999).	30
Figura 4.6	Evolução tectônica das bacias interiores do tipo Rifte do Nordeste: A) modelo de extensão NW-SE ao longo do lineamento sigmoidal préexistente; B) situação tectônica Pré-Rifte; e C) situação tectônica e distribuição de riftes nessas bacias (Matos, 1992 <i>apud</i> Silva 2003).	32
Figura 4.7	Mapa da Bacia do Araripe e outras bacias interiores do Nordeste, com os principais elementos estruturais, indicando, com setas, direções aproximadas de esforços tensionais que provocaram o rifteamento no Eocretáceo (extraído de Ponte & Ponte Filho, 1996a e b).	33
Figura 4.8	Mapa estrutural e de subaflorentamentos na discordância pré-aptiana, observando-se depressões dos dois lados do <i>Horst</i> de Dom Leme da Bacia do Araripe: sub-bacias leste – Cariri e oeste - Feitoria (extraído de Ponte & Ponte Filho, 1996b).	35
Figura 4.9	Seções geológicas típicas da Bacia do Araripe, segundo Ponte (1996).	36
Figura 4.10	Evolução tectônica da Sub-bacia de Feitoria, reconstituída a partir da análise geo-histórica do poço 2-AP-1-CE, descrita por Ponte Filho (1992), com as características de sedimentação na Tectonosseqüência Pré-Rifte (a), na Rifte	

Oliveira, A.A. de - 2006		xx
Impactos Antrópicos nos Carbonatos da Região de Nova Olinda e Santana do Cariri – CE		
	(b) e na Pós-Rifte (c), segundo Neumann (1999).	37
Figura 4.11	Diagrama hipotético da reconstrução da “subsidência” no <i>Graben</i> da Sub-bacia de Feitoria (extraído de Ponte & Ponte Filho, 1996a e b).	38
Figura 4.12	Registro estratigráfico da seqüência sedimentar da Bacia do Araripe, vendo-se as fases lacustres que nela ocorrem: a basal, antes da discordância pré-aptiana, também existentes nas outras grandes bacias interiores, e a superior no Aptiano-Albiano, cuja ocorrência aconteceu apenas nesta bacia (extraído de Neumann, 1999).	39
Figura 4.13	Área de preservação do espaço geográfico da segunda fase lacustre da Bacia do Araripe (parte esverdeada escura), na Sub-bacia do Cariri (extraído de Neumann, 1999).	47
Figura 4.14	Mapa das zonas fisiográficas (geomorfológicas) da parte oriental da Bacia do Araripe com as formações agrupadas em cada uma delas (esboço de Brasil/DNPM, 1996).	54
Figura 5.1	Mapa de distribuição dos sedimentos carbonáticos modernos de origem marinha, entre os paralelos de 30° (norte e sul). Áreas em preto representam regiões rasas; pontilhada, vasas de águas profundas.	60
Figura 5.2	Paleolago Araripe esquemático, vendo-se, em baixo à direita, o movimento dos pulsos de expansão/retração do carbonato, que originaram as seis camadas da Formação Crato, em azul, interdigitadas com os arenitos finos, siltitos e folhelhos lacustres da subposta Formação Rio da Batateira, em amarelo (extraído de Neumann & Cabrera, 1999).	62
Figura 6.1	Seção estratigráfica simplificada do sistema lacustre Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe, mostrando suas associações com a crono-, bio-, litoestratigrafia, além da estratigrafia genética das seis camadas carbonáticas e a sua distribuição geográfica ao longo de um perfil NW-SE de 50km, abrangendo municípios da encosta da Chapada (Neumann, 1999).	90
Figura 6.2	Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo 1 da pedreira do Idemar (Pedra Branca).	97
Figura 6.3	Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo 2 da pedreira do Idemar (Pedra Branca).	97
Figura 6.4	Diagrama polar das fraturas do Círculo 1 da pedreira do Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca).	98
Figura 6.5	Diagrama polar das fraturas do Círculo 2 da pedreira do Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca).	98
Figura 6.6	Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo da pedreira de Sérgio Major (Tatajuba).	102
Figura 6.7	Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo da pedreira de Antônio Felipe (Tatajuba).	102
Figura 6.8	Diagrama polar das fraturas do Círculo da pedreira de Sérgio Major, afloramento 2 (Tatajuba).	103
Figura 6.9	Diagrama polar das fraturas do Círculo da pedreira de Antônio Felipe, afloramento 3 (Tatajuba).	103

Figura 6.10	Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo da pedreira de José Iracelmo (Cantagalo).	106
Figura 6.11	Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo da pedreira de Nem (Baixio do Mota).	106
Figura 6.12	Diagrama polar das fraturas do Círculo da pedreira de José Iracelmo, afloramento 5 (Cantagalo).	107
Figura 6.13	Diagrama polar das fraturas do Círculo da pedreira de Nem, afloramento 6 (Baixio do Mota).	107

T A B E L A S

Tabela 5.1	Carapaças de organismos em rochas carbonáticas (McLane, 1995).	59
Tabela 5.2	Consumo aparente de calcário laminado em placas, no Estado do Ceará.	62
Tabela 5.3	Resultados de ensaios tecnológicos de amostras de calcário laminado na área de Nova Olinda e Santana do Cariri, segundo CODECE (1997 <i>apud</i> Oliveira, 1998).	74
Tabela 5.4	Aplicações <i>in natura</i> de calcário, dolomito e seus derivados.	77
Tabela 6.1	Parâmetros de medições de fraturas.	93
Tabela 6.2	Total de fraturas medidas e intervalos em que se encontram.	93
Tabela 6.3	Resumo das fraturas em direções preferenciais da pedra do André, afloramento 1 (Pedra Branca), de acordo com as linhas.	94
Tabela 6.4	Parâmetros das medições de fraturas	96
Tabela 6.5	Total de fraturas medidas e intervalos onde se encontram.	96
Tabela 6.6	Resumo das fraturas em direções preferenciais da pedra do Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca), de acordo com as círculos.	96
Tabela 6.7	Parâmetros das medições de fraturas.	100
Tabela 6.8	Total de fraturas medidas e intervalos onde se encontram.	100
Tabela 6.9	Resumo das fraturas em direções preferenciais das pedreiras de Sérgio Major e de Antônio Felipe, afloramentos 2 e 3 (Tatajuba), de acordo com os círculos.	101
Tabela 6.10	Valores que definem a distribuição de fraturas nos círculos e, por extensão, nas pedreiras de Tatajuba.	101
Tabela 6.11	Parâmetros das medições de fraturas.	105
Tabela 6.12	Total de fraturas medidas e intervalos onde se encontram.	105
Tabela 6.13	Valores que definem a distribuição de fraturas nos círculos e, por extensão, nas pedreiras de Santana do Cariri.	105
Tabela 6.14	Parâmetros medidos em pedreiras das três regiões da área do projeto.	109
Tabela 6.15	Parâmetros de medições de fraturas de <i>scanline</i> na pedra de Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca).	111
Tabela 7.1	Estimativa de perdas (calcário e estéril) nas operações de extração nas seis pedreiras visitadas, com resultado final de produção de ladrilhos.	126

R E S U M O

Há mais de três décadas, desenvolve-se na região do Cariri, sul do Estado do Ceará, uma atividade extrativa mineral de material carbonático (*pedra Cariri*) em quase 300 pontos no sopé da Chapada do Araripe. Sem controle e carente de supervisão técnica, a degradação do Meio Ambiente aumenta a cada dia, com assoreamento dos cursos d'água adjacentes. Este estudo objetiva analisar os carbonatos de Nova Olinda e Santana do Cariri sob pontos de vista estrutural, econômico e ambiental, visando à minimização dos prejuízos latentes. São os calcários laminados da Formação Crato da última camada, a C6, depositada no período Aptiano-Albiano. Foram escolhidas seis pedreiras em três regiões (norte, sul e oeste, duas em cada uma), buscando os parâmetros de fraturas e falhas para que operações fossem orientadas em direções paralelas a esses parâmetros, a fim de reduzir perdas. Também, as estruturas diagenéticas (nódulos) são importantes ferramentas nessa tarefa. A maioria delas é fechada, atingindo profundidades de 60cm a 80cm; poucas são abertas, o que facilitou o trabalho, tendo direções bem definidas que podem auxiliar os operadores a minimizar as perdas. A tendência das fraturas é para os quadrantes NW e menos para NE. Apenas uma microfalha foi observada nas etapas de campo. Quanto à economia, os preços de venda das lajes são baixos porque os produtos não têm valor agregado para melhorar a qualidade, diminuindo sensivelmente os lucros dos empresários e arrendatários. Além do mais, as perdas continuam grandes (> 70% do material aproveitável). Cerca de meia centena de medições foi feita nas seis pedreiras, cujos diagramas de rosetas estão no texto. Uma linha de varredura (*scanline*) foi realizada próxima a uma fratura aberta na pedreira do afloramento 4, a maior delas, mostrando uma direção entre 240Az a 250Az, o que é promissor para o serviço. A situação do entulho só não é pior em face da iniciativa de empresa de fabricação de cimento de retirá-lo das *praças* das maiores pedreiras. No início, com material quase puro, as serrarias foram beneficiadas. Como, porém, as pedreiras têm pouca área de trabalho, torna-se difícil o acesso nas demais frentes, que só seriam operadas se houvesse algum tipo de ajuda externa aos trabalhos normais, em projeto dos arranjos produtivos locais, por

exemplo. A degradação ambiental aumenta muito, assoreando os riachos vizinhos às pedreiras e entulhando as próprias praças. Teme-se por contaminação a jusante dos cursos de água. Como as águas pluviais, no entanto, ocorrem em períodos mais ou menos certos todos os anos, e são geralmente torrenciais, não existe grande perigo, nem mesmo em curto prazo, desse fenômeno acontecer. O uso do rejeito mineral seria a grande saída para diminuir os problemas nas pedreiras. Vários deles, que não exigem grandes investimentos, são sugeridos para aumentar oportunidades de emprego e renda para habitantes carentes. Produção de cales virgens e hidratadas com aplicação também em mistura asfáltica de pavimentos de rodovias, de tijolos naturais sem transformação e de tijolos solo/cal em mutirões de construção de casas populares por prefeituras em distritos circunscritos à área de estudos, trituração de carbonatos para calagem de solos ácidos, estabilização de leitos de ferrovias, de canais de irrigação e controle de poluição, constituem alguns tipos de serviços que ajudariam governos e empresários a desenvolverem atividades produtivas junto a aglomerados urbanos e rurais que dispõem desses elementos naturais.

Palavras-chave: Calcário laminado – Pedra Cariri. Rochas carbonáticas. Lavra. Geologia ambiental.

A B S T R A C T

In the midst of 70s last century miners started digging/excavating quarries on the region of Nova Olinda and Santana do Cariri to exploit plates (Pedra Cariri) from laminated limestones of the Crato Formation. Now, without technical control and/or supervision, there are almost 300 ones increasing the environmental degradation, filling adjacent water streams (creeks). This study intends to analyze these carbonates under structural, economical, and environmental aspects to minimize damages on Ecology. This carbonate is the last layer (C6) deposited during Aptian-Albian period. Six quarries were chosen in three sub-regions (North, South and West, two in each one) to find parameters of fractures and faults to guide cutting operations to be done parallel to them and reduce loss of profitable material. Study on diagenetic structures (nodules) is a very important tool in this task. The majority of fractures are tight, reaching depths of 60cm to 80cm; a few of them are open with direction well defined that could help operators to minimize loss. Fractures directions are positioned to NW and a few to NE. Just one micro-fault was found. About concerning Economy, plate sales prices are low because articles have no aggregated value to improve their quality, reducing a lot of profit to miners and dealers. Therefore, losses are still high (>70% of the profitable material). About fifty measurements on fracture directions were made in the six chosen quarries, whose diagrams are inscribed on the text. A scanline (linha de varredura) was taken close to an open fracture in the outcrop number 4 (Idemar's quarry), the biggest one, which shows a direction to 240Az-250Az, that is very good to the mining cutting operations. The debris/trash/rubbish left on the mining areas is being taking off by trucks of a cement plant of the region, in the biggest quarries expanding local areas to work. In the beginning the almost pure material was taken off from sawbuck units situated out of quarries and then in quarries, where is more difficult in the most of them because they have restricted areas to operate shovels and trucks together. They need help from official agencies in order to have the work done to their normal services, the Local Productive Arrangements (Arranjos Produtivos Locais – APL), for example. The environmental degradation is increasing so much, reducing streams to the

outskirts of the quarries and their own mining areas. Down-stream contamination could be occur what they fear most. But river waters run only on rainy periods of the year and they are big showers and run-off waters are fast. There is no danger to flood marginal rivers areas. Use of rubbish material would be the solution for mining areas problems. Most of them, that do not request so many investments, are suggested to offer employment to the poor people, such as virgin (non-hydrated) and hydrated lime production to be applied in asphaltic compounds to pave roads, natural bricks and lime-soil bricks to build popular houses in circumscribed Counties of the study area, financed by City Halls, limestone milling could be used in acid soils, to stabilize railroads lines, irrigation channels and pollution control. These are some uses of limestone that could help Governments and dealers to develop productive activities close to urban and rural agglomerates that have these natural (geological) constituents.

Key – words: Laminated limestone – *Pedra Cariri*. Carbonate rocks. Mining. Environmental Geology/Ecology.

1 I N T R O D U Ç Ã O

O Homem tem causado impactos ambientais na Natureza e isto é fonte de grande preocupação para as autoridades governamentais em todas as esferas – federal, estaduais e municipais, em virtude de modificações negativas que afetam o equilíbrio ecológico do meio.

O desenvolvimento social e econômico de uma população, no aspecto de moradia, traz consigo mais exigências nas construções e mudanças no habitat, o que desperta interesse de entidades públicas e particulares no sentido de conciliar as alterações necessárias com o ponto de vista conservacionista.

Existe, no entanto, um confronto entre a falta de modelos globais e as soluções ecológicas que podem diminuir os impactos, sem necessariamente deixar que as obras sejam realizadas. É observado na prática, porém, que a ação é levada visando mais ao lado econômico imediatista do que a preservação ambiental.

O que vem ocorrendo com a exploração dos **calcários laminados**, material comercialmente conhecido como *pedra Cariri*, consumido no Ceará e estados vizinhos, é um exemplo do que não se deve fazer. Os prejuízos diretos e indiretos causados por ineficiência na lavra e incompetência técnica são muito grandes nos pontos de vista econômico, social e ecológico.

A moderna tecnologia já dispõe de meios eficazes para a realização bem-sucedida de empreendimentos desse jaez, mormente sob diretrizes devidamente normalizadas e regulamentadas em documentos oficiais que visam ao panorama equilibrado no modo como a Humanidade deve se conduzir.

Há necessidade urgente de planejamento ambiental para as áreas de extração dos calcários laminados a fim de se evitarem maiores riscos e danos à região. Muitas são as definições de planejamento ambiental, aliás, uma expressão que é incorporada à linguagem dos profissionais que trabalham com o Meio Ambiente.

Dentro do tema planejamento ambiental, segundo Almeida *et al.* (1984), será dada ênfase ao planejamento ecológico, que constitui expressão bastante restrita e

ênfatiza o conhecimento dos recursos naturais a fim de garantir a sobrevivência a longo prazo desses bens da natureza.

O trabalho ora apresentado busca trazer a lume alguma orientação que direcione aquilo que esteja sendo feito erroneamente, objetivando alcançar padrões técnico-científicos de produção aceitáveis, aliados à melhoria da qualidade de vida dos envolvidos, direta e indiretamente, na exploração da *pedra Cariri*.

De igual modo, serão apresentadas propostas de áreas de preservação dos calcários para que estes possam ser estudados e conservados sem a depredação ocorrente. Por isso, a pesquisa não tem a pretensão de esgotar a matéria ou ser ponto final desse tema. Trata-se de uma contribuição à comunidade caririense, em geral, e uma conscientização aos mineradores, em particular.

Para se obter o conhecimento das reais potencialidades e limitações do uso e da exploração dos calcários laminados, foi necessário levantar dados acerca dos atributos físicos gerais da região (clima, relevo, solos, rede de drenagem, geologia e vegetação), sob ponto de vista estrutural, ambiental e econômico, que são os temas principais deste ensaio.

2 POSTULADO TEÓRICO

As pedreiras que extraem calcários laminados na região de Nova Olinda e Santana do Cariri, no sul do Estado do Ceará têm comportamento de um ecossistema dinâmico, o qual é degradado indiscriminadamente pelos responsáveis pelas operações mineiras.

A UNESCO promoveu em 1989 a Convenção Internacional (*World Heritage*) para a Proteção de Sítios Culturais e Naturais, da qual o Brasil é signatário.

A partir de então, o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM e o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, representantes do nosso País, colocaram à disposição da comunidade técnico-científica nacional e internacional o livro **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, que reúne informações importantes de alguns sítios naturais do País e promove meios para sua descrição, divulgação e proteção.

O Governo do Estado do Ceará vê com bons olhos as iniciativas particulares de homens de negócios e empreendedores, o que já é feito na região de Nova Olinda e Santana do Cariri com os recursos minerais ligados aos carbonatos de onde se produzem lajes para pisos e revestimentos para uma área maior do que 250km de distancia da origem.

Ao lançar o Plano de Desenvolvimento Sustentável, nos meados da década de 1990, objetivando descentralizar atividades industriais, comerciais e de serviços, situou a exploração dos calcários laminados do Cariri como uma de suas metas, em virtude de oferecerem oportunidades de novos investimentos e de emprego e renda para a população interiorana, evitando a evasão para outros centros produtores.

Mesmo com as dificuldades de assistência técnica e de tecnologia pouco desenvolvida, é do seu interesse que o progresso chegue até ali, porque a circulação do dinheiro e a arrecadação aumentarão, e, o que é o mais esperado, o homem que vive longe da capital, terá, de igual modo, um habitat bem mais confortável do que atualmente tem, minimizando sua qualidade de vida.

A natureza complexa do problema e a dinâmica de trocas requerem esforço coordenado e cooperativo, além de uma crescente capacidade para aprofundar as

investigações que permitam formulação de modelos preditivos e compreensão dos processos que atuam no Meio bem como o que interfere em termos de estruturas geológicas.

2.1 TESE

Os calcários laminados extraídos das pedreiras da região de Nova Olinda e Santana do Cariri se comportam como um ecossistema que está sendo dilapidado de maneira irresponsável, pois os trabalhos são constantes, dinâmicos sujeitos a mudanças na retirada progressiva do material.

Apesar de alguns lucrarem com a extração dos calcários, nenhuma medida de investimento real para a recuperação e restauração do Meio Ambiente, nessas áreas degradadas, foi providenciada efetivamente.

Entre os sítios arrolados no compêndio editado pelos órgãos de Governo citados no parágrafo anterior, existe uma proposta, às páginas 113, buscando preservar estes calcários laminados na Chapada do Araripe, que possuem riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo (Viana & Neumann, 2002), além de serem vizinhos das camadas abundantes de fósseis bem preservados deste mesmo período.

As perturbações antrópicas constituíam, no passado, simples distúrbios ocasionais ou adicionais que eram absorvidos pela resiliência do sistema, que não é infinita, observando-se hoje o fato de que mudanças drásticas ou mesmo o somatório de pequenas ações negativas ou impactos adversos trazem profundas destruições.

Viana & Neumann (op.cit.) já comentavam que a atividade mineira dos calcários vinha proporcionava, além da destruição do patrimônio fossilífero brasileiro, degradação da paisagem local, pelo assoreamento de riachos e aumento de zonas de erosão.

Então, torna-se necessário identificar que ações ou providências devam ser tomadas no intuito de minimizar perdas, aumentar produção com eficiência e alcançar um grau de bem-estar físico e social de todos os integrantes desse conjunto de agentes humanos que podem se comunicar e chegar a soluções viáveis e bem feitas.

Algumas hipóteses podem ser enumeradas nesse sentido.

É o que este trabalho vai abordar, numa tentativa de provar que as operações são viáveis.

2.2 HIPÓTESES

Segundo o autor deste trabalho, três aspectos que envolvem as atividades mineiras do calcário laminado do Cariri podem ser levantados e estudados com o objetivo de trazer respostas para os problemas quase insolúveis dos que estão neste tipo de trabalho na região em questão.

2.2.1 Estruturas geológicas

São feições que ocorrem em rochas de qualquer origem: magmática ou ígnea, sedimentar ou metamórfica.

Elas podem ser também diagenéticas, quando aparecem na sua formação na crosta da Terra, ou pós-diagenéticas, resultantes de eventos bruscos (tectônicos) ou não na sua acomodação dentro dessa mesma crosta. No caso dos calcários, elas ocorrem também na descompressão do material retirado para fabricação de lajes.

Estudos de estruturas geológicas deformacionais (nódulos e concreções, escorregamentos, fraturas e falhas) permitem evidenciar até que nível da pedreira o calcário poderá ser retirado sem que haja grande perda de material.

Trabalhos serão realizados com finalidade de obterem-se parâmetros ideais para a operação mineira nos carbonatos.

2.2.2 Condições econômicas

Estudos já vêm sendo feitos (Oliveira, 1998 é um deles) abordando esses aspectos e em como eles podem auxiliar nas condições de operação de máquinas e equipamentos, de como adicionar valores para melhoria da qualidade dos produtos e comercializá-los com maior lucro, uso do rejeito mineral atualmente considerado perda, quando é um artigo de alta pureza carbonática, tendo muitas aplicações, e como montar uma infra-estrutura para distribuição dos artigos oriundos das pedreiras.

2.2.3 Restauração ecológica

Levantamento das situações anômalas encontradas a todo instante em qualquer das quase 300 pedreiras distribuídas ao redor da Chapada nesses dois

municípios cearenses são tema de estudo com a finalidade de conservar e preservar a Natureza. Enumerar ações preventivas, quando iniciar uma nova operação mineira, e corretivas para recuperar e restaurar o que vem sendo feito de maneira errada pelos atuais responsáveis pela extração de lajes.

Interações e conexões de estruturas nos calcários laminados, de retirada de material da seqüência estratigráfica ali presente, de perdas (rejeito) e de economia local estão ligados entre si de forma que há uma influência de uma sobre as outras.

Assim, estudo integrado de dados estruturais, econômicos e ecológicos será elaborado para oferecê-los à comunidade científica e à população com informações de todos os aspectos dos calcários laminados desde a lavra até a sua comercialização.

Ao final do trabalho, procurar-se-á entender que esta é uma atividade viável para o desenvolvimento da região onde se encontra.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A aplicação deste estudo foi desenvolvida em três fases, sendo duas em laboratório ou escritório e uma de campo, que se realizaram isolada ou simultaneamente com outras fases, como complemento umas das outras. A de campo foi executada em seis etapas ou excursões.

A primeira fase de escritório correspondeu a estudos necessários ao trabalho científico que determinaram o estágio de entendimento da área-objeto e a compreensão dos temas a serem abordados no contexto da área de concentração da Tese, documento final do curso.

As atividades executadas nesta fase consistiram de:

- a) revisão literária de trabalhos científicos da Bacia do Araripe, concernentes a Geologia, Estratigrafia, Estrutural, Economia e Meio Ambiente; foram consultados e citados trabalhos de geocientistas que abordaram temas nessa Bacia desde o século XIX;
- b) aquisição ou empréstimo de mapas, fotos aéreas e imagens da região onde seriam executados os trabalhos do documento final; consultando-se cartas topográficas da SUDENE, na escala 1:100.000 (Folha Santana do Cariri – SB.24-Y-D-II) e composição da área do projeto com mosaicos Geocover TM5 *Landsat* de trabalho da NASA (Fig. 3.1), mostrando cidades e povoados, pontos de visitas etc.;
- c) obtenção de dados de perfis de sondagem do DNPM/CPRM, realizados no topo da Chapada; foram usados na correlação estratigráfica da seqüência sedimentar da Bacia e determinação, na maior parte das vezes, de espessura das formações envolvidas;
- d) empréstimo de equipamentos como *scanners*, *plotters* etc., necessários à reprodução e transferência de ilustrações para o trabalho (fotos, figuras, tabelas e quadros).

Na fase de campo, houve várias excursões, sendo três com o Orientador e as demais com auxiliares e mesmo sozinho, num total de 48 dias, coletando dados e trabalhando para este estudo.

Nesta fase, foi elaborado manual simples de operações de trabalho, constando do que segue.

TAREFAS PARA REALIZAR NAS PEDREIRAS

Nas atividades de mineração de calcário laminado da Formação Crato, da Bacia Sedimentar do Araripe, em sua porção centro-norte, objetivando coleta de dados e informações para elaboração dos documentos do Exame de Qualificação e da defesa da Tese de Doutorado, alguns procedimentos foram seguidos.

1 – De caráter geral

Em todo o afloramento (pedreira de calcário laminado) foi utilizado o seguinte material:

- a) ficha de afloramento, contendo todos os elementos a serem levantados do local visitado;
- b) bússola tipo Brunton ou específica estrutural na obtenção de parâmetros compatíveis com a produção de diagramas de rosetas e polares, analisando e interpretando as fraturas e falhas nos afloramentos estudados;
- c) GPS para registro do ponto exato de tomada de parâmetros (latitude, longitude, altitude e norte verdadeiro); e
- d) registro fotográfico geral e específico do local, englobando pedreira, praças, áreas e rejeito mineral, ravinhas de escoamento de águas superficiais, pormenores dos demais caracteres etc.

2- De caráter geológico

No afloramento foram feitas as seguintes tarefas:

- a) seleção de linhas de comprimento de 1m e 2m e até 10m para descrição sucinta dos dados estruturais, de preferência;
- b) verificação de fraturas e falhas verticais e inclinadas, aferindo direção e mergulho de cada uma delas com a bússola e marcando o croqui representativo da área de descrição;
- c) coleta de amostras para análises em laboratórios (petrográfico, químico paleontológico etc.), se necessários; e

- d) avaliação do volume retirado de material estéril e de placas, por meio de cálculos das dimensões das pedreiras, de informação de pessoal nelas operando e outra qualquer fonte.

3 – De caráter estrutural

O estudo deste aspecto é de suma importância, considerando os reflexos de movimentos tafrogênicos ocorridos nas camadas da Formação Abaiara e nas rochas carbonáticas durante o *Sin-Rifte*.

As tarefas foram assim realizadas:

- a) seleção de círculo (raio = 1m) ou linha de 1m ou 2m ou 10m, para registrar as fraturas e falhas, indicando comprimento, largura, direção, mergulho etc., inclusive paralelismo e/ou cruzamentos entre si;
- b) marcação do ponto de tomada de parâmetros com o GPS (item 1.2 acima), indicando o NV; e
- c) verificação da abertura das fraturas e das falhas e se são preenchidas ou não, indicando o material que as preenche.

4 – De caráter econômico

Dentre as atividades neste aspecto, foram imprescindíveis:

- a) anotações de parâmetros das pedreiras (comprimento, largura e altura) dos diversos setores do conjunto de trabalho;
- b) estimativa do volume de cada um dos materiais que estão nas pedreiras: estéril, alterado não aproveitável e usado na produção de ladrilhos;
- c) verificação da existência de serraria(s) na área de mineração e qual sistema de corte é empregado na produção das lajes;
- d) indagação, se possível, dos preços de venda para compradores e/ou donos de serraria que fazem o beneficiamento do produto final; e
- e) verificação da existência de máquina de polimento de ladrilhos em dimensões comerciais.

5 – De caráter ambiental

Este ponto é um dos mais sensíveis a serem abordados em qualquer atividade exercida pelo ser humano, pois *fere* o amor próprio dos responsáveis pela exploração de recursos, supondo eles que reparações inerentes à depredação da

Natureza não são necessárias, mormente nos trabalhos de extração de ladrilhos de calcário laminado no Cariri, pois é uma atividade que *prende* o homem à região, evitando sua evasão para centros de maior poder.

Foram executadas as seguintes tarefas e observações:

- a) verificação de espécies vegetais existentes na área de trabalho e como poder-se-iam realizar opções de sua substituição;
- b) verificação do tipo de solo existente e cálculo do volume retirado de material utilizado (estéril e carbonatos) para empreender a recuperação da área, conforme legislação vigente relativa ao Meio Ambiente, nas esferas federal, estadual e municipais; e
- c) avaliação do assoreamento de cursos d'água nas adjacências e como restaurar seu curso livre.

Na terceira e última fase, em escritório, foram consolidados os dados coletados em campo e comparados os trabalhos nos afloramentos para obter a exequibilidade do desenvolvimento de métodos usados na Geologia Regional e local, Geologia Estrutural, Economia e Ecologia na preparação da Tese e conquista do título de Doutor.

Do ponto de vista técnico, foi elaborado um elenco de ilustrações para explicar os fatos e eventos ocorridos na Bacia e que envolvem os trabalhos da pesquisa. Estas ilustrações são as seguintes:

- a) figuras mostrando situações geográficas, geológicas, estruturais, tectônicas, econômicas e ambientais pertinentes às áreas estudadas;
- b) fotos registrando aspectos peculiares e particulares das pedreiras visitadas, relativos aos temas; e
- c) quadros e tabelas ressaltando dados coletados e testados em campo e em laboratório.

O conjunto assim estudado, analisado e laborado permitiu a confecção de Mapa Geológico na escala de 1:50.000, com dados e informações necessários ao conhecimento e uso de interessados. Ele foi editado em mesa digitalizadora da CPRM e obedeceu a normas internacionais de cartografia geológica, usando o *Sistema MaxiCad*, da MaxiDATA Tecnologia e Informática Ltda., de Curitiba, PR, registrando os pontos visitados (pedreiras) com seus respectivos *status* devidamente identificados com legendas e convenções aceitas pelas comunidades mineradoras.

Este mapa é o resumo do documento ora preparado que procura atingir todos os objetivos e finalidades propostos.

Denominado *Tese de Doutorado*, o documento final desta pesquisa, que é um trabalho técnico, deve obedecer a regras em dois aspectos primordiais:

- a) regulamentação da comunicação escrita do resultado da investigação científica, sob a forma de monografia, de acordo com as normas brasileiras (NB e MBR) da ABNT e Manual do Estudante entregue pela Coordenação do Curso; e
- b) atendimento de pré-requisitos que um trabalho técnico-científico requer, caracterizados pela especificação do tema abordado e pela profundidade no tratamento do assunto.

Deste modo, este documento atende às regras estabelecidas, considerando tais aspectos e observando a NB 88/87 e as MBR 6023/89, 6024/89, 6027/89, 6029/80 e 6030/80, no que couber.

Além do mais, a peça foi enriquecida, após exaustivas consultas a trabalhos disponíveis em entidades fora do Ceará e em sítios da Internet, com um contexto que a torna bastante atualizada e condensada, em questões geológicas, acadêmicas e científicas, e inédito em relação ao assunto desenrolado.

Nesta última consideração, o ensaio revela dados e informações colhidos, principalmente nas fases de campo, cuidadosa e tecnicamente estudados e analisados, com preparação de texto ricamente ilustrado para ensejar melhor explanação da matéria.

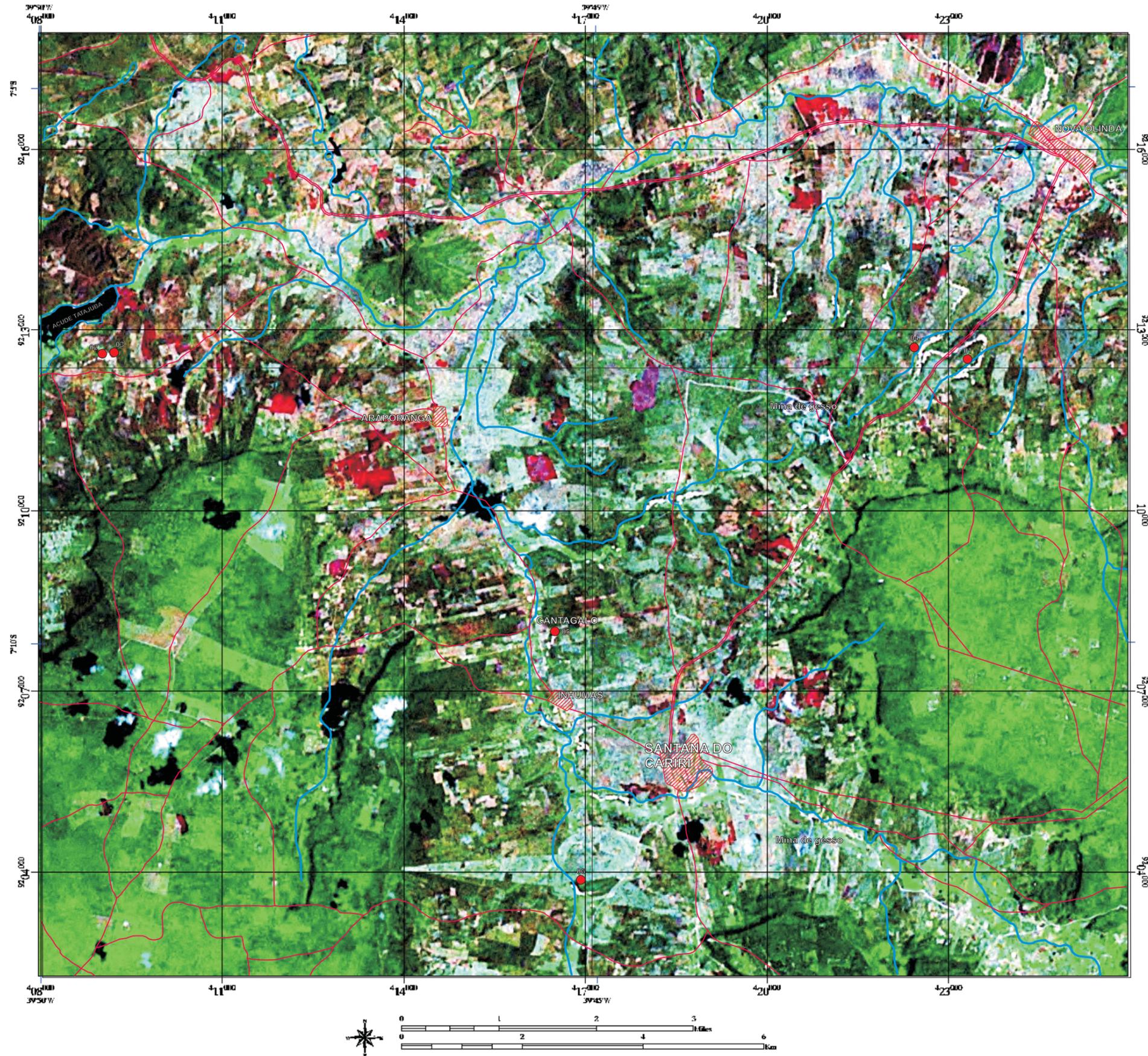


Fig.3.1 - Composição da área do projeto em Mosaicos Geocover TM5 Landsat nas bandas 2 no azul, 4 no verde e 5 vermelho, apresentando, principalmente pontos de visitas, áreas de mineração, estradas (vermelho), riachos (azul) e cidades e distritos (reticulados).

4 CARATERIZAÇÃO REGIONAL DA ÁREA DE TRABALHO

O conhecimento das condições e situações atuais e pretéritas do Meio Ambiente relativas à formação do pacote sedimentar em estudo é determinante para análise, discussão e provável conclusão dos problemas que ocorrem nas operações mineiras dos carbonatos da seqüência estratigráfica da Chapada do Araripe, no Cariri, principalmente quando a ação antrópica interfere de modo negativo e intenso.

4.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo está localizada no sul do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, e é delimitada pelas coordenadas geográficas de 07° 04' 30" e 07° 13' 00" de latitude Sul e 39° 40' 13" e 39° 50' 00" de longitude W.Gr. (Fig. 4.1).

O acesso à área pode ser realizado através de rodovias estaduais asfaltadas, estando limitada ainda com estradas federais ao norte (BR 230, Transamazônica), ao sul (BR 316, Salgueiro-Araripe), a leste (BR 116, Milagres-Salgueiro) e ao oeste (BR 020, Picos-Tauá).

Há opções de acesso aero-rodoviário, com pousos no Aeroporto Regional do Cariri, em Juazeiro do Norte, e estradas asfaltadas na área, e ainda rodoferroviário para cargas até o terminal de combustíveis de Crato.

4.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Estes itens envolvem condições de clima com suas variações em precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, insolação, ventos, evaporação, evapotranspiração, fauna e flora.

Os dados obtidos foram condensados de intenso e extenso trabalho de várias equipes do DNPM do Projeto Avaliação Hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe (BRASIL/DNPM, 1996), bem como de Relatório do Projeto Araripe (BRASIL/IBAMA, 1999), com estilo literário do autor e, logicamente, seus comentários. Referências de outros autores estão indicadas, evidentemente.

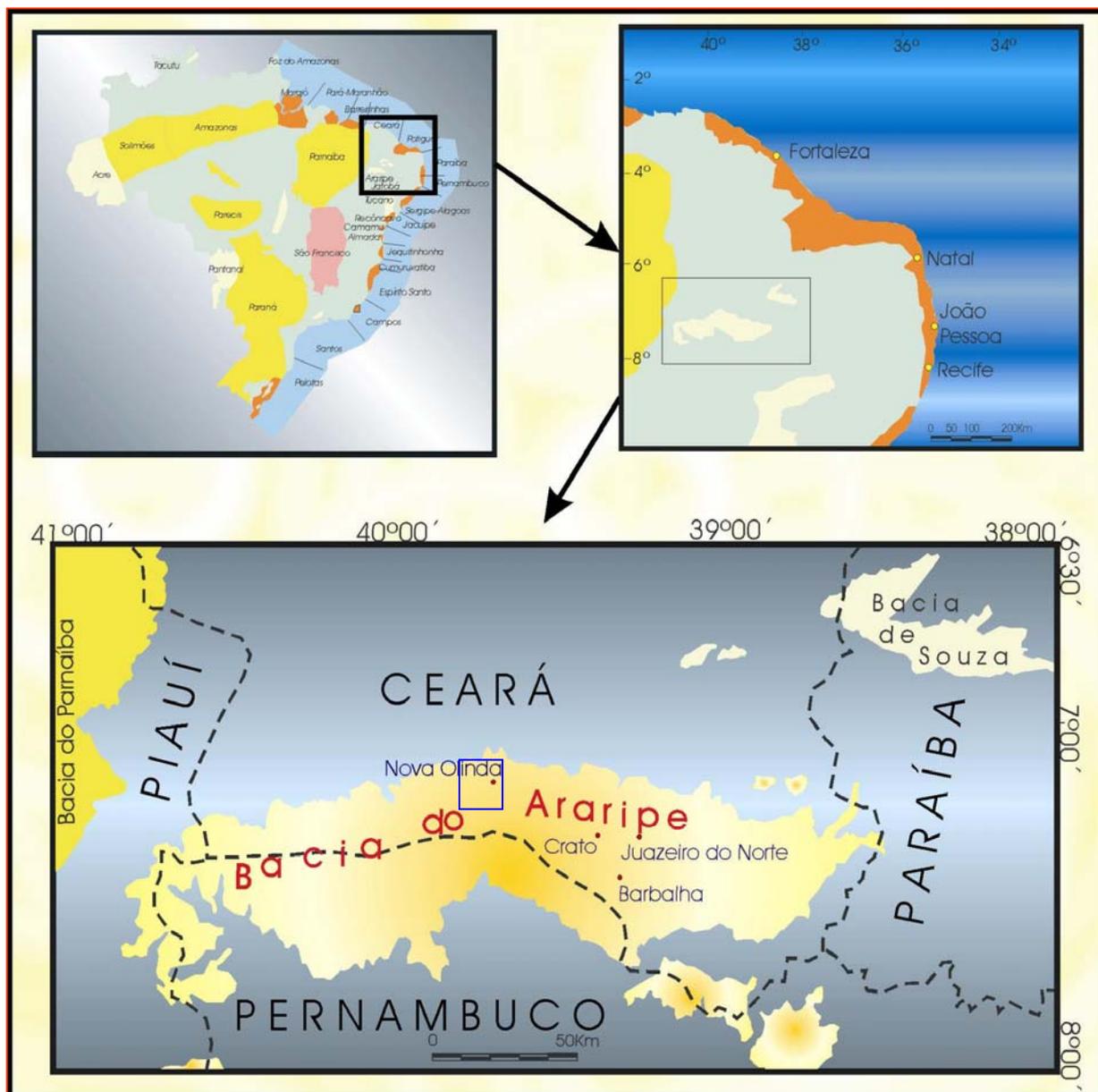


Figura 4.1 – Mapa de localização da Bacia Sedimentar do Araripe no contexto nacional, regional e local, com seu limite com embasamento e fronteiras geográficas com Ceará, Pernambuco e Piauí, e área de trabalho em cinza-claro; a área do projeto é representada pelo quadrado ao norte da figura.

Os demais aspectos abordados, como Hidrografia, Geomorfologia e Geologia, estão descritos em itens específicos.

4.2.1 Clima

A Bacia Sedimentar do Araripe, engastada na região fisiográfica do Sertão, tem clima semi-árido do tipo *BSh'* (classificação de Köppen), caracterizado por duas estações distintas: uma chuvosa no verão (janeiro a abril) e outra seca (junho a agosto), variando para *Aw'* na região do Cariri, o oásis do semi-árido, conhecido por ser quente e úmido com chuvas máximas no outono (BRASIL/DNPM, 1996).

- Precipitação

A região setentrional da Bacia, correspondente ao Cariri cearense, é marcada por precipitações mais acentuadas do que na região meridional (entre Salgueiro e Araripina, Estado de Pernambuco).

Postos pluviométricos em Barbalha, Crato, Juazeiro do Norte e Missão Velha, no Ceará, alguns com períodos de observação de até 74 anos, acusaram valores médios de precipitação anual da ordem de 1.030mm; para toda a região do Cariri é de 920mm/ano. A região sul apresenta média anual de 720mm, em que 50% dos postos registram entre 600mm e 700mm, sendo até mesmo inferior a 600mm nos postos de Ouricuri e Granito, em Pernambuco. No Piauí, o único posto, em Simões, mostra precipitação de 640mm/ano.

Quanto à distribuição da precipitação durante o ano, pode se observar que, na estação de Barbalha-CE, o mês de março, com média de 234mm, representa o máximo mensal, enquanto no mês de outubro, com apenas 2,5mm, constitui o menor índice de precipitação mensal.

Constata-se ainda que o período de janeiro a abril totaliza 810,7mm, quando no período de maio a dezembro se precipitam apenas 190,7mm, ou seja, pouco mais de 80% estão concentrados nos primeiros quatro meses do ano.

- Temperatura

A temperatura média anual varia muito pouco ao longo da Bacia do Araripe, ficando entre 24°C e 26°C, com mínima de verão (janeiro) entre 23°C e 27°C. A variação mensal também apresenta baixa amplitude térmica, variando de 23,8°C nos meses de novembro.

- Umidade relativa do ar

Na estação de Barbalha-CE, a umidade relativa do ar varia desde a menor média de 51% em outubro à média máxima de 80% em março, com média anual de 63,6%.

- Insolação

Ao contrário da umidade relativa do ar, a insolação é maior na região do Cariri cearense, que apresenta um total anual de 2.848 horas de sol, contra 2.681 na região meridional; no Ceará, a média mensal mais elevada ocorre em setembro, com 276,4 horas, e a média mais baixa, em fevereiro, com 191,9 horas de sol.

- Ventos

Não há registro de velocidade de ventos na estação de Barbalha-CE (Normais Climatológicas do período 1961/90 do INMET); na estação do IPA, em Araripina-PE, a velocidade varia entre 0,93m/s em dezembro e 1,33m/s em julho.

- Evaporação

Somente na estação de Barbalha-CE existem dados de evaporação total, atingindo ao ano o valor de 2.288,6mm, com mínima em abril de 100,5mm e máxima em setembro de 292,8mm.

- Evapotranspiração

A evapotranspiração potencial calculada pela fórmula de TURC apresentou para a região oeste uma média anual de 1.387mm, com média mensal máxima em outubro de 135mm e mínima em junho de 89,5mm; na região ocidental, os valores médios anuais de ETP variam entre 1.300mm e 1.400mm.

- Flora

A primeira planta registrada na Chapada do Araripe data de 02/02/1942 e foi coletada por Prisco Bezerra. É uma espécie da Família das *Rubiaceae* (*Psychotna colorata*), que se encontra no antigo Herbário Prisco Bezerra da Escola de Agronomia do Ceará, criado em 1939, hoje *campus* da UFC.

A URCA também dispõe de um herbário, o Andrade Lima, criado em 1992, quando ainda Faculdade de Filosofia do Crato, e, junto com o da UFC, coleta amostras e estuda espécies ainda não conhecidas.

A primeira espécie registrada na URCA foi coletada, analisada e definida por Maria Silete Feitosa Siebra, em 1968, o popularmente conhecido pequi (*Caryocar conaceum*) da Família *Caryocaraceae*.

A Chapada do Araripe, localizada no sul do Ceará, oeste de Pernambuco e sudeste do Piauí, é um terreno sub-horizontal que possui solos profundos e bem drenados e, juntamente com a cobertura vegetal protetora, garantem a manutenção de região úmida e fértil em seu sopé, principalmente aquela do Ceará. Constitui-se em uma superfície tabular estrutural, com o topo conservado numa cota de 800m a 900m e abrange uma área de 6.230km² (RADAMBRASIL, 1981).

Por seu turno, abriga um espaço com ecossistemas de características bem diversas de outras observadas no interior cearense. Tal diversidade está evidenciada por fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos,

hidrográficos/hidrológicos e de vegetação, determinantes ecológicos de uma área (BRASIL/IBAMA, 1999).

São sete as Unidades Fitoecológicas da Bio-região da Bacia Sedimentar do Araripe, classificadas a seguir (Barreto-Campelo & Figueiredo, 1999 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999).

Esta classificação usada para tipos vegetais da Bio-região contempla, por um lado, a classificação fitogeográfica para o Brasil, de Andrade-Lima (1966 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999), que bem se aplica à nossa cobertura vegetal, e, por outro lado, utiliza a nomenclatura popular, identificando fitocenoses diferentes que a Ciência ainda não nomeou. Assim ocorre com o Carrasco.

- a) Floresta Subperenifólia Tropical Plúvionebular (classificação fitogeográfica), popularmente conhecida como MATAS ÚMIDAS, SERRANAS

Localiza-se nos setores mais elevados, ou seja, no terço superior das vertentes norte/nordeste da Chapada do Araripe, dos Municípios de Santana do Cariri, Crato, Barbalha e Missão Velha. A altitude e a exposição aos ventos úmidos são fatores importantes, mas o principal determinante da ocorrência dessa floresta é a água subterrânea, cuja ressurgência nestas encostas garante a permanência da vegetação florestal (Foto 4.1).



Foto 4.1 – Mata úmida na vertente da Chapada do Araripe, lado cearense, revelando árvores com até 10m de altura (extraído de BRASIL/IBAMA, 1999).

Por outro lado, as chuvas orográficas são os fortes condicionantes das florestas, aliadas a outra forma de precipitação, como o orvalho determinado pelo nevoeiro nas cotas mais elevadas. Por essa razão, o limite das matas serranas com outro tipo de vegetação a seguir não é uma linha da mesma altitude em torno das serras (Figueiredo-Gomes, 1979 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999).

A comunidade vegetal apresenta árvores de caules retilíneos, espessos, cobertos muitas vezes com líquens, orquídeas, samambaias e bromélias, alcançando 30 metros de altura. A estratificação vertical apresenta três ou quatro sinúsias (comunidades estruturalmente definidas mediante a consideração de formas de vida de espécies nelas incluídas).

Apesar das alterações antrópicas, conhecidas até o momento, a fisionomia da vegetação e da flora leva a crer que as serras úmidas no Ceará são áreas disjuntas daquelas do Leste do Brasil, consideradas como Mata Atlântica. O dossel contínuo na sinúsia superior mais o sub-bosque são formados, entre outras espécies, por aquelas apresentadas no Apêndice 1A.

- b) Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (classificação fitogeográfica), conhecida comumente por MATAS SECAS

A mata seca (Foto 4.2) encontra-se ocupando os níveis inferiores na vertente, à retaguarda da mata úmida, onde esta foi registrada, e, ainda, nos níveis superiores dos demais quadrantes das encostas da Chapada, onde não é registrada a mata úmida e há precipitação suficiente para garantir a vida das espécies vegetais de tal comunidade.

Esta floresta recobre, também, relevos cristalinos mais baixos, chamados localmente de serrotes, e as vertentes de níveis tabulares, menos favorecidos pelas chuvas. Encontram-se indivíduos da mata úmida e da caatinga arbórea, cuja faixa de amplitude ecológica permite viver neste ambiente, em que se reúnem às espécies da mata seca. Apêndice 1B.

- c) Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa (classificação fitogeográfica), mais conhecida como CERRADÃO

Por sobre a Chapada do Araripe, entre altitudes de 800m e 1.000m, com solos arenosos, distróficos e precipitação pluvial em torno de 1.000mm/ano, desenvolve-se uma vegetação florestal, cujas características estruturais externas das espécies vegetais têm porte, caules retilíneos, copas que se superpõem, cascas suberosas (tecido de cortiça), folhas largas, brilhantes e persistentes, mas a

composição florística desta comunidade, principalmente, leva a incluir seu tipo florestal com a denominação, no Brasil, de Cerradão (Foto 4.3).



Foto 4.2 – Mata seca na encosta da Chapada do Araripe, lado norte, no Ceará, em interflúvios de morros residuais de estratos da seqüência sedimentar (extraído de BRASIL/IBAMA, 1999).

Esta não é uma fitocenose comum no Nordeste. Sua ocorrência constitui uma variação dos padrões encontrados para a vegetação no interior de uma região semi-árida. Sabe-se, ainda, que ela decorre da presença de condições propícias para o desenvolvimento de suas espécies e que esta flora é uma reminiscência remota de um saldo do antigo recobrimento que ainda se encontra em terrenos que lhe favorecem uma faixa de tolerância condizente com as necessidades de seus indivíduos.

Falta muito para um melhor conhecimento desta fitocenose, hoje já bastante alterada e, por esta razão, considerada pelo RADAMBRASIL (1981) como área de tensão ecológica. Ainda é tempo de se estudar o que restou e encontrar o caminho e suas ligações passadas, além de se poder reproduzi-las no seu ambiente e redescobri-las com novas utilizações para o homem. Apêndice 1C.

- d) Floresta Caducifolia Espinhosa (classificação fitogeográfica), com nome popular de CAATINGA ARBÓREA

A comunidade vegetal xerófila de maior expressão espacial no Nordeste brasileiro é sem dúvida a caatinga, que é termo do tupi-guarani usado na literatura e

no meio popular para designar um tipo de vegetação xerófila que ocorre no domínio semi-árido do Nordeste do Brasil.



Foto 4.3 – Cerradão em cima da Chapada do Araripe com suas características específicas nas altas cotas de 800m a 1.000m (extraído de BRASIL/IBAMA, 1999).

No Ceará, as unidades mais representativas espacialmente são as caatingas, que, reunidas a outra unidade igualmente xerófila, o carrasco, atingem 80% do território do Estado. Apresenta-se com fisionomia e florística variadas, razão por que é o termo no plural (caatingas), desde Martius (1840 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999).

Esta variação fisionômica leva à denominação da comunidade, de acordo com o critério porte, em: caatinga arbórea, caatinga arbustiva e caatinga subarbustiva ou nanificada, registrando-se este último para a região dos Cariris Velhos, Paraíba (Figueiredo-Gomes, 1979 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999).

Outro critério é a distribuição horizontal na estrutura da comunidade, o que leva a maior ou menor densidade dos seus indivíduos por área, utilizando-se os termos densa ou aberta e ainda a distribuição vertical representada pela estrutura de tamanho nos indivíduos o que resulta nos estratos da comunidade (Foto 4.4).

A distribuição em classes de altura mostrou três estratos para a caatinga arbórea e apenas dois para as caatingas arbustiva e subarbustiva, contando, para todas elas, com a participação do estrato herbáceo que permanece somente no curto período chuvoso (Figueiredo, 1983 e 1988 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999).



Foto 4.4 – Caatinga arbustiva arbórea nas encostas da Chapada, que, em todo o Ceará, representam 80% de seu território (extraído de BRASIL/IBAMA, 1999).

Assim, na caatinga arbórea os indivíduos ostentam maior porte, a espessura dos caules é maior e a densidade dos indivíduos é menor do que nas caatingas arbustiva e subarbustiva (Apêndice 1D).

e) Floresta Ribeirinha ou Mata Ciliar

No baixo curso dos rios, já com pouca declividade, os processos de sedimentação se sobrepõem aos de erosão.

Os sedimentos mais grosseiros, em sua maioria, depositam-se logo após a perda da declividade e, conseqüentemente, no decréscimo da capacidade de transporte ou competência do rio. Formam-se, com efeito, as planícies aluviais, com solos, muitas vezes, halomórficos de drenagem imperfeita em zona semi-árida, favorecidas pela composição química das rochas trabalhadas por estes cursos d'água. Nas planícies aluviais assim constituídas, aliadas a altas temperaturas, encontra-se o *habitat* de preferência da carnaúba [*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore].

Dominante entre as demais espécies arbóreas, esta palmeira endêmica do Nordeste do Brasil ocorre geralmente em associação com o mulungu (*Erythrina velutina* Jacq.), juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.), oiticica (*Licania rigida* Benth.) e ingá-brava [*Lonchocarpus sericeus* (Poir.) DC.], além de outras espécies arbustivas e trepadeiras.

Nos vales do Cariri, as palmeiras macaúba (*Acrocomia intumescens*), babaçu (*Orbygnia phalerata*) e buriti (*Mauritia flexuosa*) apresentam-se em verdadeira

zonação dos locais menos úmidos para os mais pantanosos (Peixoto, 1987 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999). Apêndice 1E.

f) Carrasco

No reverso do Planalto da Ibiapaba e no sul da Chapada do Araripe, ocorre uma vegetação xerófila com características bem particulares. Sua extensão se limita aos níveis elevados tabulares dos referidos planaltos na divisa com o Estado do Piauí, desde o norte até o sul, e com o Estado de Pernambuco.

A área nuclear deste tipo de vegetação só será possível determinar após trabalhos intensivos de identificação de sua flora, ao lado de métodos de quantificação e comparação com outras áreas de carrasco, que, em manchas isoladas, chegam até o norte de Minas Gerais. É uma comunidade arbustiva densa, com indivíduos de caules finos e muitas vezes cespitosos e alguns arbóreos. Na composição da flora, estão presentes espécies de cerrado, caatingas, mata e próprias do carrasco.

Araújo (1992 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999) estudou o carrasco no Planalto da Ibiapaba do sul, no Município de Novo Oriente – CE, encontrando 184 espécies, desde ervas até árvores, listando algumas dessas espécies. Apêndice 1F.

g) Cerrado

Por cima da Chapada, em terrenos com relevo plano e menor altitude do que o Cerradão, solos pobres e porosos ocorrem em manchas de uma vegetação aberta que, ao longo do tempo e com o intenso uso, torna-se cada vez mais aberta, o Cerrado.

O Cerrado tem sua área “core” ou área nuclear, isto é, onde ocorre em sua maior e melhor expressão, no Planalto Central Brasileiro. Naquelas condições de chapadões tão extensos, imperceptíveis para aqueles que ali habitam, com relevo plano, solos pobres e ácidos, boa permeabilidade de água em seu perfil, ocorre a vegetação aberta.

Em manchas esparsas, é registrada, para o Ceará, ocorrência da vegetação de cerrado, inicialmente nos tabuleiros litorâneos (Fernandes & Gomes, 1977 *apud* Brasil/IBAMA, 1999) e posteriormente em pleno sertão cearense (Figueiredo *et al.*, 1986 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999).

Na realidade, o cerrado sobre a Chapada, com espécies que se superpõem com algumas do cerradão, atesta uma área, embora bastante usada através dos tempos que, comparativamente àqueles encaves apontados para o sertão e

tabuleiros litorâneos tem uma condição melhor como comunidade vegetal, porquanto não está sendo invadida por espécies da caatinga.

Trata-se de uma vegetação biestratificada em que há um estrato herbáceo contínuo com presença de gramíneas e um estrato arbóreo descontínuo de árvores tortuosas, com caules suberosos, folhas geralmente largas e muitas cobertas de denso pelo, com persistência de suas folhas durante o período crítico ou de estio. Apêndice 1G.

- Fauna

A fauna da Chapada do Araripe e seus arredores se compõe de aves, mamíferos e répteis, segundo autores especialistas do Projeto Araripe (BRASIL/IBAMA, 1999), com inúmeras espécies, algumas em extinção, outras silvestres e outras ferozes.

As aves catalogadas totalizaram 192 espécies (Nascimento, 1999 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999), as quais estão agrupadas no Apêndice 2A. As principais são vulgarmente denominadas de zabelês, codornas, urubus, gaviões, acauãs, siriemas, falcões, asas-brancas, periquitos, anus, corujas, bacuraus, andorinhas, pica-paus, beija-flores, joãos-de-barro, casacas-de-couro, arapongas, lavadeiras, canções, garrinchões, sabiás, canários, tico-ticos, pintassilgos etc.

Quanto aos mamíferos, que estão relacionados no Apêndice 2B (Cruz, 1999 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999), são encontrados os das principais Ordens da Classe Mammalia, quais sejam: Carnívora – incluindo os felídeos (onças e gatos-do-mato), canídeos (raposa), mustelídeos (gambalina, papa-mel e furão) e proscionídeos, como guaxinins; Artiodactyla – incluindo os crevideos (veados e garapus) e os taiassuídeos, cuja única espécie antes representada sofreu extinção localizada.

A Ordem Xenarthra (anteriormente denominada Edendata) encontra-se representada pelos mimercofagídeos (tamanduás) e dasipodídeos (várias espécies de tatus, entre eles o tatu-bola, que também parece ter sofrido extinção localizada).

Seguem-se as Ordens Primates, com apenas uma espécie – o sagui; Marsupialia – cujo estudo mais minucioso deve revelar muitas surpresas – e finalmente a ordem Rodentia, que abriga roedores difíceis de serem avistados (mocó) e freqüentes (preá), encorpados (cutia e punaré) e minúsculo (pequeno rato-de-seis-gramas).

É por oferecer maior diversidade de *habitat* em seus andares superpostos (do subsolo às copas emergentes) que a fauna das florestas é muito rica e diversificada, mas não é no meio da floresta que esta riqueza se apresenta e sim na periferia.

Os mamíferos são os animais mais bem adequados aos ambientes atuais (Nojosa, 1999 *apud* BRASIL/IBAMA, 1999). Algumas das espécies de mamíferos mantêm com o homem rural da região uma relação permanente. A captura de mamíferos para alimentação (cutias e tatus), criação como animais de estimação (sauíns) e a comercialização de algumas espécies (onças, gatos e veados) ainda são condutas adotadas, particularmente nas cercanias da Floresta Nacional do Araripe (FLONA).

Os mamíferos somam cerca de 40 espécies nesse *habitat*.

Os **répteis** também são observados nesse contexto natural, os quais se encontram listados nos Apêndices 2C (com os grupos existentes), formando um conjunto de 62 espécies, 47 gêneros e 17 famílias.

Entre as serpentes, vêem-se cobras cega, cipó, preta, d'água, verde, jibóias, salamantas, corais, caninanas e jararacas, com 27 espécies, 20 gêneros e cinco famílias.

Os lagartos mais comuns são lagartixas, camaleões, papa-ventos, calangos e teiús, abrangendo 20 espécies, 17 gêneros e oito famílias.

Os anfisbenídeos estão representados por três espécies, dois gêneros e uma família, com indivíduos conhecidos como cobras-de-duas-cabeças.

Os anfíbios são os sapos, as jias e as rãs, nas mais diversas feições, em doze espécies, oito gêneros e três famílias.

4.3 GEOLOGIA

As bacias sedimentares fanerozóicas têm sido muito estudadas nos últimos 30 anos, as quais eram limitadas principalmente às três sinéclises brasileiras com bacias conhecidas como do Amazonas, do Meio Norte ou Parnaíba e do Paraná.

Atualmente, tais áreas foram denominadas províncias ou superprovíncias como mostradas na Fig. 4.2, em que aparecem bacias paleozóicas, da margem continental do Brasil, e cenozóicas, além de riftes, sendo alguns do tipo aulacógeno (bacias não completas).

Assim, a classificação das bacias fanerozóicas vigente está distribuída da seguinte forma, em função de estudos de Mohriak (2003) e Silva *et al.* (2003):

- Província da Borborema, bacias pré-cambrianas em sua grande maioria, e outras pequenas intracratônicas interiores do Nordeste, como Araripe, Iguatu com as sub-bacias de Icó, Malhada Vermelha, Lima Campos, Rio do Peixe com as sub-bacias Brejo das Freiras, Sousa e Pombal, e outras menores nos Estados de Pernambuco e Piauí. Ao norte e ao oeste, localizam-se as Bacias de Jaibaras, Jaguarapi, Cococi / Rio Jucá, São Julião, São Raimundo Nonato, Correntes e Iara, todas do Cambro-ordoviciano, segundo Brito Neves (1998), pertencentes à seqüência Alfa de Soares *et al.* (1974 e 1978). Na Província São Francisco, há rochas depositadas do Siluriano ao Permiano em diversos ambientes – fluvial, glacial, desértico e marinho e marinho restrito e lacustre – pertencentes à sinéclise da evolução tectônica da Bacia Tucano Norte/Jatobá (Caixeta *et al.*, 1994). A Província da Mantiqueira é de idade cambro-ordoviciano, tendo as Bacias de Castro, Guaratubinha, Camarinha, Campo Alegre, Itajaí e Camaquã, com preenchimento vulcanossedimentar da seqüência Alfa de Soares *et al.* (1974). Na Província Tocantins, há duas unidades litoestratigráficas: conglomerado Rio das Barreiras (Cambro-ordoviciano), pertencente à seqüência Alfa de Soares *et al.* (1974 e 1978) e, segundo Hasui *et al.* (1977), relaciona-se à fase final do Ciclo Brasileiro, e Formação Água Bonita (siluro-devoniana), também conglomerática, e arenitos de médios a grossos, destacando graben que leva o nome da formação.

c) Aulacógenos e bacias marginais

Estes eventos são numerosos no Território brasileiro em que os aulacógenos (Vide Fig. 4.4, nas margens do Oceano Atlântico) estão ligados a bacias de riftes com seqüência incompleta e as bacias marginais possuem coluna estratigráfica bem definida.

Os aulacógenos estão esparsamente distribuídos e alguns já foram citados, ao longo deste texto, como as bacias interiores do Nordeste (Fig. 4.3), outras marginais (Fig. 4.4); assim as demais, de norte a sul do Brasil.

As primeiras notícias da Geologia e dos fósseis da Chapada do Araripe, publicadas na Alemanha (Brito, 1990), datam do primeiro quartel do século XIX, mais precisamente no ano de 1823, como resultado das viagens pelo Brasil de Spix & Martius (*apud* Brito, 1990), durante os anos de 1817 a 1820.

Em seguida, George Gardner (1841 *apud* Brito, 1990) visitou a Chapada do Araripe (1838) e publicou estudo e classificação de ictiólitos da Formação ou Grupo Santana, realizados por Louis Agassiz, famoso geólogo e paleontólogo suíço.

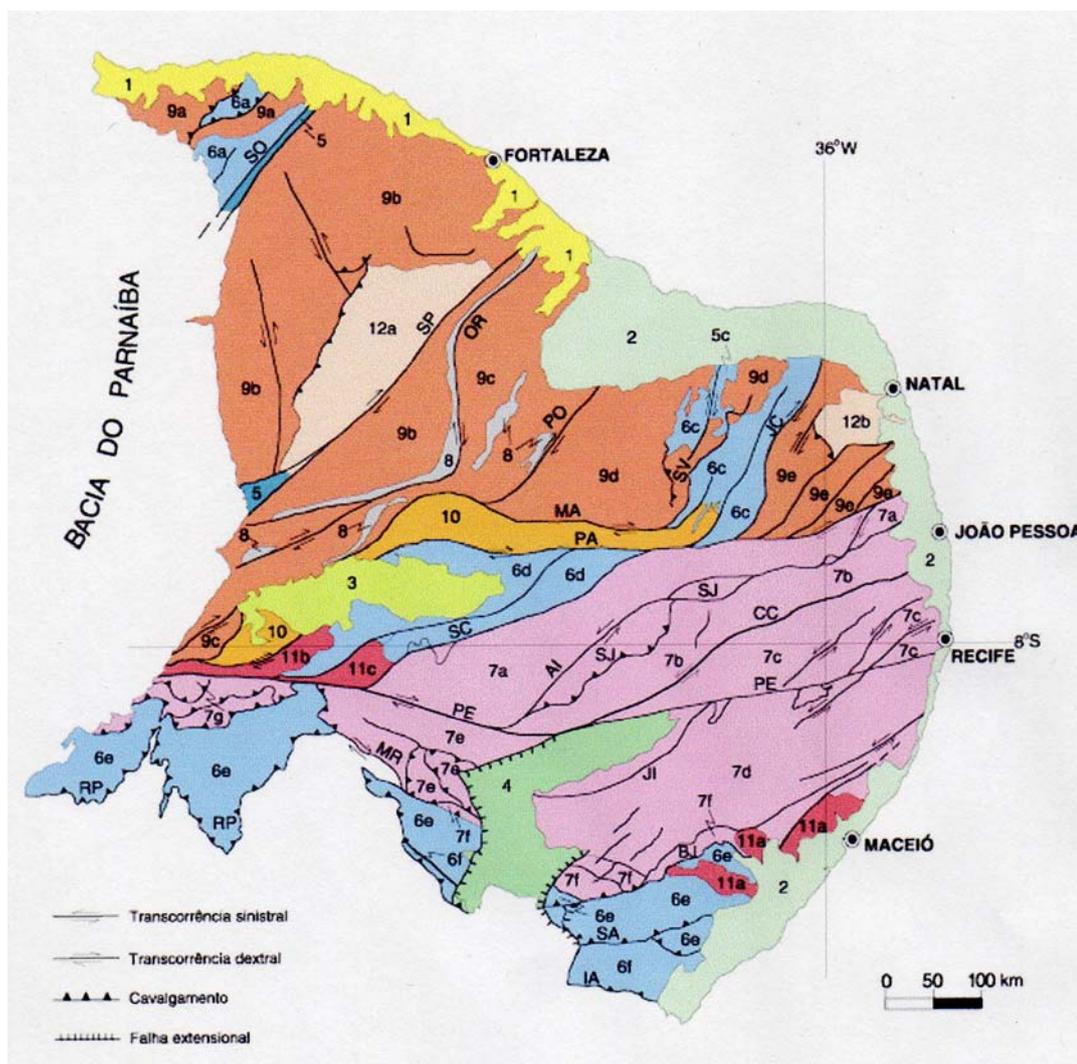


Figura 4.3 – Mapa geológico da Província da Borborema com domínios tectônicos e principais estruturas, além de quatro bacias sedimentares fanerozóicas mais conhecidas: 1 – marginais cenozóicas cearenses, 2 – marginais Potiguar, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, 3 – Araripe e 4 – Tucano Norte / Jatobá (extraído de Delgado *et al.*, 2003).

Desde o Império, trabalhos técnico-científicos foram desenvolvidos na Bacia Sedimentar do Araripe, sendo que, a partir da metade do século XX, houve intensa atividade acadêmico-geológica, mormente nos últimos 30 anos, com a liberação de trabalhos da PETROBRÁS antes não ostensivos, objetivando aumentar o conhecimento dessa Bacia e aproveitar os recursos minerais.

A Bacia Sedimentar do Araripe localiza-se na Província da Borborema (Fig. 4.3), em região de falhas que aconteceram durante a Reativação Wealdeniana (Almeida, 1977), ou seja, antes da separação dos continentes da América do Sul e da África, provocando basculamentos que resultaram em altos (*Horsts*) e baixos (*Grabens*) estruturais, que alguns cientistas denominam de movimentos tafrogênicos (Ponte, 1996).



Figura 4.4 – Aulacógenos existentes nas margens do Atlântico, resultantes a partir da ruptura do Gondwana e formação d Oceano. No detalhe, principais aulacógenos das placas sulamericana e africana: T – Tacutu, B – Benue, R – Recôncavo e A – Argentina (Silva *et al.*, 2003c).

Em um entendimento completo da sua história, tem que se associar os eventos tectono-estruturais ocorridos no tempo e no espaço com aqueles das bacias marginais do Nordeste e do oeste da África (Fig. 4.3), antes e durante a separação gradual há pouco citada, que começou no Triássico, há cerca de 200 milhões de anos.

O estudo sumário da Geologia, neste documento, está dividido em duas partes, separando os aspectos geoestruturais dos litoestratigráficos, segundo conceito de Suguio (1980), que afirma isto ser relevante, pois,

a classificação genética é de grande importância para racionalizar as avaliações de bacias sedimentares através do estudo da evolução dos ambientes propícios à geração de hidrocarbonetos e outros tipos de recursos ao longo da história geológica.

4.3.1 Evolução tectônica

Brito Neves *et al.* (2000) e Delgado *et al.* (2003) dividiram a Província da Borborema em grandes domínios tectônicos (Fig. 4.3), diferenciados por caracteres litoestratigráficos. O **Cráton** São Francisco, que aparece no mapa, é uma unidade de característica própria adjacente à Província da Borborema.

Praticamente, a classificação das bacias brasileiras, definida segundo a Teoria das Placas Tectônicas, começou em 1972, com estudos de Asmus & Porto, acompanhados de Raja Gabaglia (1986), denominando os eventos de *Pré-Rifte*, *Sin-Rifte*, *Proto-Oceânico*, *Oceano Estreito* e *Oceano Aberto*.

Chang *et al.* (1988 *apud* Lima-Filho, 2003 – informação verbal) definiram as bacias marginais brasileiras em três fases: *Sin-Rifte I* (Jurássico Superior), *Sin-Rifte II* (Neocomiano) e *Sin-Rifte III* (Barremiano). A segunda destas fases é a mais importante para os depósitos carbonáticos em estudo, se conceitos forem extensivos para todas as bacias nordestinas, marginais e interiores.

Posteriormente, em 1990, Chang *et al.* desenvolveram mais estudos e correlacionaram estas fases às Megasseqüências Marinha, Transicional e Continental, conforme distribuídas na Fig. 4.5, em que, numa tentativa de correlacioná-las à Bacia Sedimentar do Araripe, a Continental corresponderia às Formações Abaiara, Missão Velha e Brejo Santo, do Grupo Vale do Cariri (*tectono-seqüência Pré-Rifte*), a Transicional à Formação Rio da Batateira (*tectono-seqüência Rifte*) e a Marinha às formações Crato (Plataforma carbonática rasa), Ipubi (Transgressiva) e Romualdo (Regressiva), com as unidades do Grupo Santana [dentro da *tectono-seqüência Pós-Rifte* (de acordo com a classificação de Neumann, 1999)].

Neste trabalho, foi considerada a seqüência estratigráfica definida pelos autores das duas últimas colunas, à direita, do Quadro 4.1.

Vários autores anteriores admitiam que as unidades Crato, Ipubi e Romualdo eram membros da Formação Santana, no entanto, como foi identificada segunda

seqüência lacustre somente na Bacia do Araripe e elas estariam incluídas nessa fase, é mais lógico pensar que as últimas classificações sejam consideradas.

MEGASSEQÜÊNCIA		LITOLOGIA	MECANISMOS CAUSADORES	FATORES PRINCIPAIS	BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE
MARINHO	REGRESSIVA		RESFRIAMENTO TERMAL	FORNEC. DE SEDIMENTOS	Fms. Arajara e Romualdo do Grupo Santana
	TRANSGRESSIVA			NÍVEL DO MAR	Fm. Ipubi do Grupo Santana
	PLATAFORMA CARBONÁTICA RASA			CLIMA	Fm. Crato do Grupo Santana
CONTINENTAL		EXTENSÃO	GRAU DE EXTENSÃO	Fm. Rio da Batateira do Grupo Santana	
CONTINENTAL			Fms. Abaiara, Missão Velha e Brejo Santo do Grupo Vale do Cariri		

Figura 4.5 – Comparação das Megasseqüências de Chang *et al.* (1990) com a seqüência sedimentar do Araripe das formações dos Grupos Vale do Cariri e Santana (segundo Neumann, 1999).

Ponte & Appi (1990) e Ponte & Ponte Filho (1996) definiram a Bacia do Araripe com cinco tectonosseqüências: *Beta* (Siluro-Devoniano?), ocorrendo em todas as bacias interiores do Nordeste; *Pré-Rifte* (Oxfordiano-Titoniano), equivalente ao Sin-Rifte I de Chang *et al.* (1990); *Sin-Rifte* (Berriasiano-Valanginiano), idêntico ao Sin-Rifte II de Chang *et al.* (op.cit.); *Pós-Rifte* (Aptiano-Albiano), correspondente ao Sin-Rifte III de Chang *et al.* (op.cit.); e *Zeta* (Cenozóico).

Este estágio acima é correlacionado com a Fase I de Le-Fournier (1985 *apud* Ponte & Ponte Filho, 1996a), nas Bacias do Sistema de Riftes do Leste Africano, o qual Chang *et al.* (1990) denominaram de *Sin-Rifte I*.

Segundo Matos (1992 *apud* Silva, 2003), as bacias intercontinentais neocomianas do Nordeste representam um sistema de riftes abortados, associados à separação, de sul para norte, das placas tectônicas sul-americana e africana. A geometria dessas bacias teria sido controlada por uma complexa rede de zonas de cisalhamento proterozóicas, de direção SW-NE, produzidas durante a Orogênese Brasileira/Pan Africana com duração de 0,7Ga a 0,45Ga (Fig. 4.6).

Este rifteamento se reflete na base da porção superior do grupo *Pós-rifte* (Ponte, 1996), que são as Formações do Grupo Santana e Exu.

Autor (Ano)	Supergrupo Araripe										Formação Mauriti	
	Grupo Santana					Grupo Vale do Cariri						
Neumann (1999) e Neuman & Cabrera (1999)	Formação Exú	Formação Anjara	Formação Romualdo	Formação Ipubi	Formação Crato	Formação Rio da Batateira	Formação Abaiara	Formação Missão Velha	Formação Brejo Santo			
Martill (1993)	Formação Exú	Formação Santana	Formação Ipubi	Formação Crato	Formação Rio da Batateira	Formação Missão Velha					Formação Cariri	
Ponte & Appi (1990)	Formação Exú	Formação Santana			Formação Rio da Batateira	Formação Missão Velha					Formação Mauriti	
Assine (1994)	Formação Exú Superior	Formação Santana			Formação Barbalha	Grupo Juazeiro do Norte					Formação Cariri	
	Formação Exú Inferior			Membro Crato		Formação Abaiara	Formação Missão Velha	Formação Brejo Santo				
Ghignone <i>et. al.</i> , (1986)	Formação Exú	Formação Santana			Formação Missão Velha					Formação Mauriti		
Silva (1983, 1986)	Grupo Araripe					Grupo Brotas					Paleozoico	
	Formação Exú	Form. Santana	Formação Araripina			Formação Sergi			Formação Aliança			
Lima (1978)	Formação Exú	Formação Santana			Membro Crato	Formação Sergi			Formação Aliança		Formação Tacaratu	
Moraes <i>et. al.</i> , (1976)	Formação Exú	Formação Santana			Fácies Lutítica-argilosa Evaporítica	Fácies Arenosa			Unidade Inferior		Formação Cariri	
Silva (1976)	Formação Exú	Formação Santana			Formação Sergi			Formação Aliança		Formação Tacaratu		
Mabesoone & Tinoco (1973)	Formação Exú	Formação Santana			Formação Sergi					Formação Aliança		Formação Tacaratu
		Membro Romualdo	Membro Ipubi	Membro Crato								
Beurlen (1971)	Grupo Araripe										Formação Cariri	
	Formação Exú	Formação Santana			Formação Missão Velha							
Braun (1966)	Formação Exú	Grupo Pós-Tectônico					Grupo Pré-Tectônico					Formação Tacaratu
		Formação Santana			Formação Sergi			Formação Aliança				
Gaspary & Anjos (1964)	Formação Feira Nova	Formação Santana			Formação Missão Velha			Formação Brejo Santo		Formação Mauriti		
Beurlen (1962)	Formação Exú	Formação Santana			Formação Missão Velha					Formação Cariri		
Small (1913)	Arenito Superior	Calcário Santana			Arenito Inferior					Arenito Conglomerático		

Quadro 4.1 – Resumo comparativo das principais divisões estratigráficas propostas para a Bacia do Araripe (extraído de Neumann, 1999).

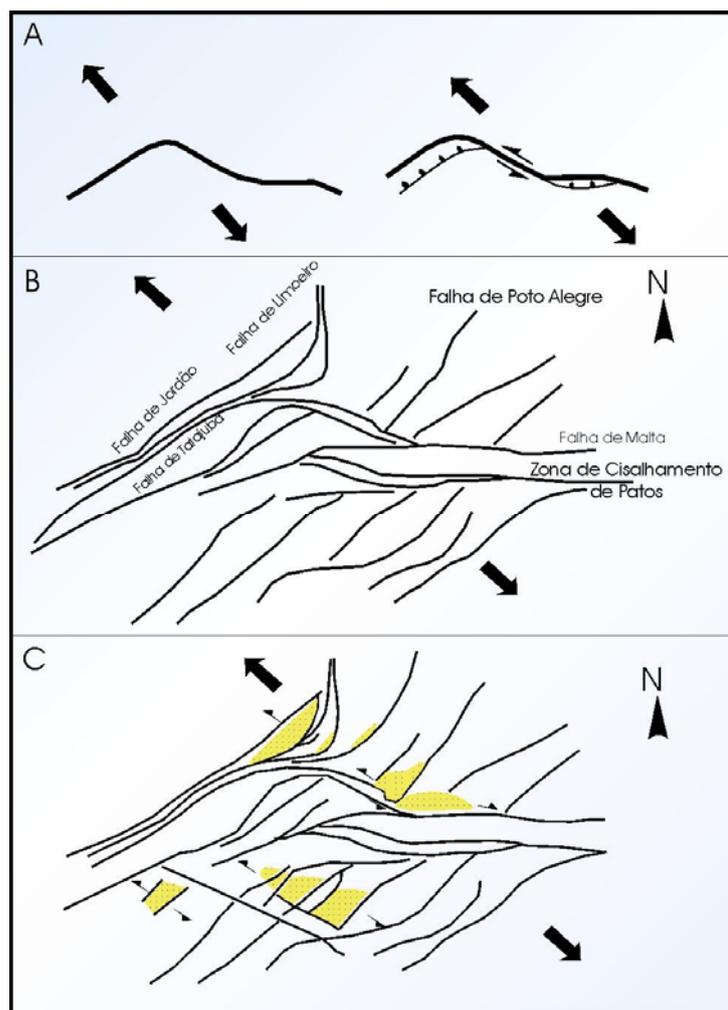


Figura 4.6 – Evolução tectônica das bacias interiores do tipo Rifte do Nordeste: A) modelo de extensão NW-SE ao longo do lineamento sigmoidal preexistente; B) situação tectônica Pré-Rifte; e C) situação tectônica e distribuição de riftes nessas bacias (Matos, 1992 *apud* Silva 2003).

Asmus & Porto (1972 *apud* Silva, 2003) afirmam que

a Zona de Cisalhamento ou Lineamento Patos teria sua extremidade oeste terminada em uma série de falhas curvadas, formando uma geometria sigmoidal, e que, durante o Neocomiano, uma distensão geral de direção NW-SE inverteu as falhas originalmente transpressionais para falhas normais, o que reativou pequenos segmentos da Zona de Cisalhamento, dando lugar às bacias (Fig. 4.7).

As rochas do embasamento cristalino, gnaisses, migmatitos, filitos e xistos, identificam-se com as da parte ocidental dos terrenos do Piancó/Alto Brígida, aí caracterizada por uma faixa de dobramentos neoproterozóicos, constituída de

Os autores de antes se baseavam em gênese de seqüências da Teoria de Geossinclinais. Com o advento da Teoria da Deriva dos Continentes, os estudos, então, fundamentaram-se no movimento das placas tectônicas.

Rosendhal (1987 *apud* Ponte & Ponte Filho, 1996a) estabelece extensão de 170km (E-W) por 30km a 50km (N-S), que inclui a feição geomorfológica emergente da Chapada do Araripe, em meio às superfícies arrasadas circundantes. No oeste, à altura do Município de Araripina – PE, há uma inflexão para sul que se estende por mais 60km.

As unidades principais da Bacia se desenvolvem nos *grabens* assimétricos, de direção SW-NE e mergulhos para NW. Estes provavelmente são resultantes da reativação no Wealden, já mencionada (Ponte, 1996, e Ponte & Ponte Filho, 1996a).

Trabalhos posteriores a 1978 na Bacia do Araripe foram elaborados para levantamentos geofísicos [Rand & Manso (1984), Miranda *et al.* (1985 *apud* Ponte & Ponte Filho, 1996a) e Seiscon-Delta (1985 *apud* Ponte & Ponte Filho, 1996a)], descrição de perfis compostos de poços [Ponte Filho (1992) e CPRM/DNPM (1078/79 *apud* Ponte, 1996)] e/ou testemunhos contínuos de poços tubulares profundos [Azevedo & Travassos (1986 *apud* Ponte, 1996) e CPRM (1994 *apud* Ponte, 1996)], quer para estratigrafia quer para água subterrânea, e, para estudos de paleocorrentes (Assine, 1992a e b) e paleoecológicos [Beurlen (1971); Arai & Coimbra (1990); Viana (1992)] e mais outros autores.

Sua exposição é observada no vale do Cariri e detectada sob a Chapada por levantamentos geofísicos.

Identificaram-se duas sub-bacias (Ponte, 1996, e Ponte & Ponte Filho, 1996a e b), com três depocentros, segundo Castro (1999): a do leste foi denominada Cariri, com afloramentos no vale, e a do oeste Feitoria, soterrada pela Chapada. Elas estão separadas por uma feição estrutural denominada **Horst de Dom Leme**, que destaca depressões bem proeminentes em um mapa de subafloramentos da discordância pré-aptiana (Fig. 4.8),

O conjunto de fossas tectônicas é seccionado por falhas normais, planares, conforme interpretações geofísicas, com sua maioria seguindo a orientação principal das tramas do embasamento (Ponte, 1996, e Ponte & Ponte Filho, 1996a).

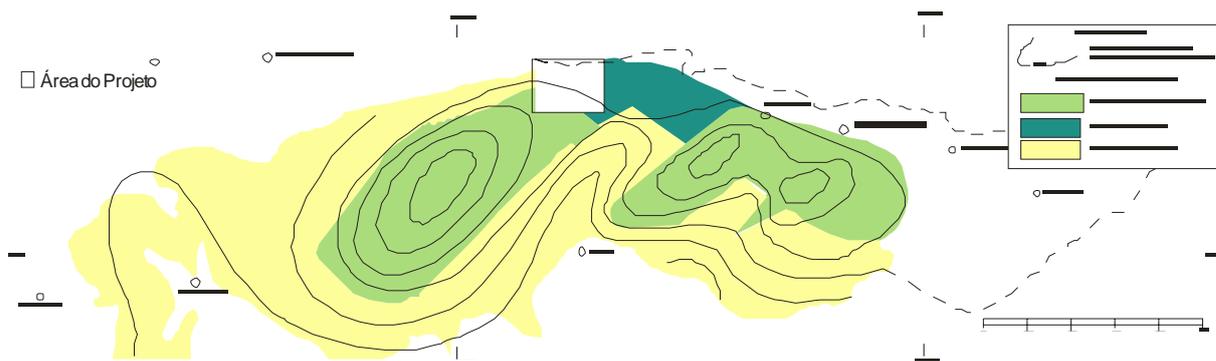


Figura 4.8 – Mapa estrutural e de sub-afloramentos na discordância pré-aptiana, observando-se depressões (em verde) dos dois lados do *Horst* de Dom Leme (reentrância amarela entre as Sub-bacias) da Bacia do Araripe: Sub-bacias leste – Cariri e oeste - Feitoria (adaptado de Ponte & Ponte Filho, 1996b).

A Fig. 4.9 é uma interpretação de seções esquematizadas dos estratos da Bacia do Araripe, destacando as Sub-bacias do Cariri (seções A-A' e B-B') e de Feitoria (seções C-C' e D-D'), e as Figs. 4.10 e 4.11 mostram, respectivamente, a evolução do *Graben* de Feitoria, feição estrutural onde se encontra a área do trabalho, e o diagrama hipotético de reconstituição da *subsidência* ocorrida no mesmo *Graben*.

As Formações da Bacia do Araripe estão incluídas em um Supergrupo Araripe (Neumann, 1999, e Neumann & Cabrera, 1999) e a Formação Mauriti (tectono-seqüência *Beta*), a que serviu de base para a seqüência completa desse conjunto *sui generis* do Nordeste brasileiro.

Esse Supergrupo tem dois grupos definidos como Vale do Cariri, com as Formações Brejo Santo, Missão Velha e Abaiara, e Santana, com as Formações Rio da Batateira, Crato, Ipubi, Romualdo e Arajara, ficando no topo a Formação Exu.

O Grupo Vale do Cariri engloba as formações que afloram no vale geográfico, correlacionáveis com as unidades das tectonosseqüências *Pré-Rifte* e *Sin-Rifte* de bacias pericratônicas do Nordeste brasileiro, de Ponte & Ponte Filho (1996a). Segundo Neumann (1999), elas pertencem à primeira fase lacustre que ocorreu nessas bacias.

O Grupo Santana forma o conjunto das Formações Rio da Batateira até Arajara. Estão na *tectonosseqüência Pós-Rifte*, também de Ponte & Ponte Filho (1996a), e, com exceção das Formações Romualdo, Arajara e Exu, compõem a segunda fase lacustre, esta só observada na Bacia Sedimentar do Araripe.

Assine acentuou (1992a) que as Formações do Grupo Santana são constituídas por:

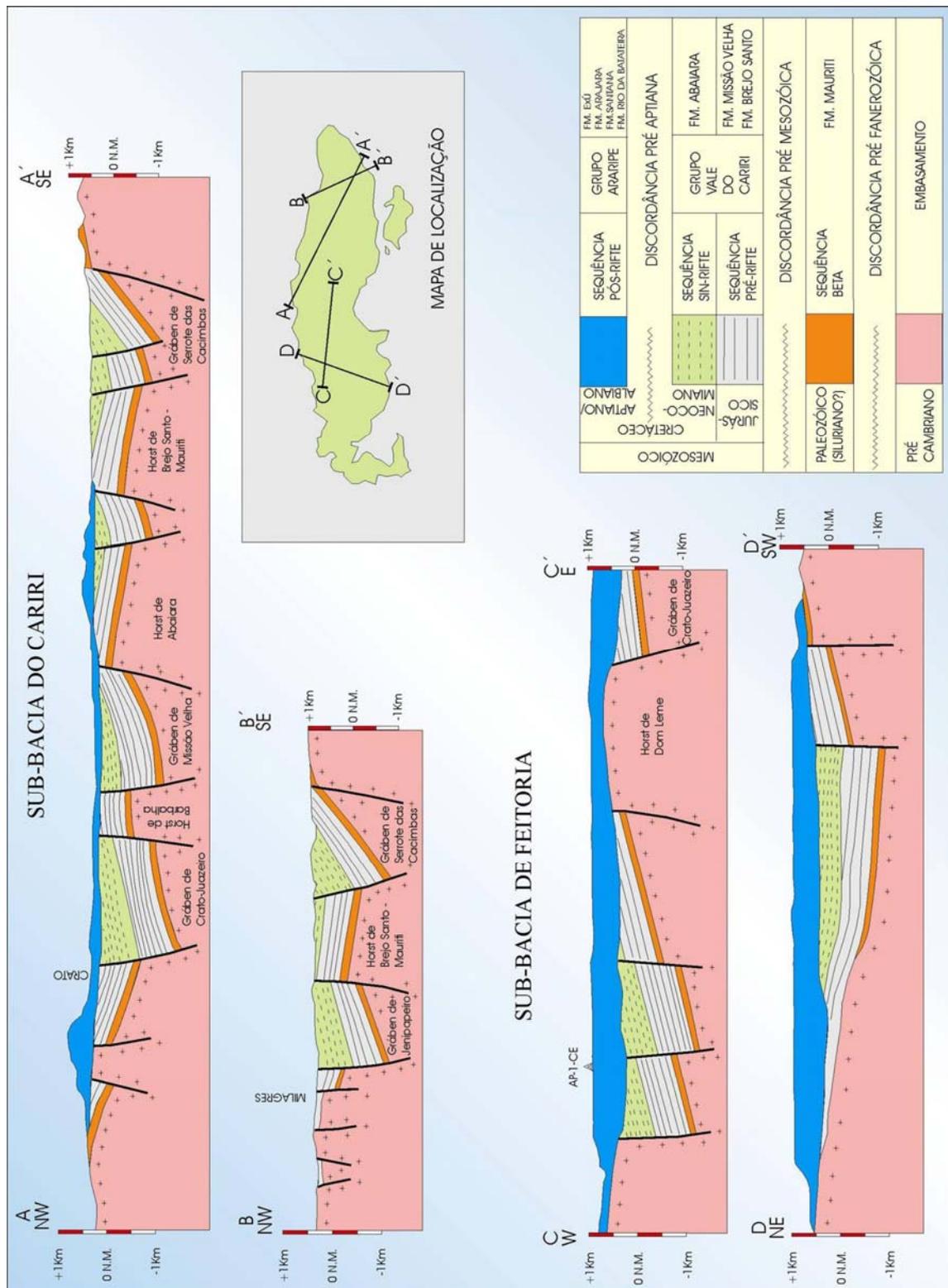


Figura 4.9 – Seções geológicas típicas da Bacia do Araripe, segundo Ponte (1996).

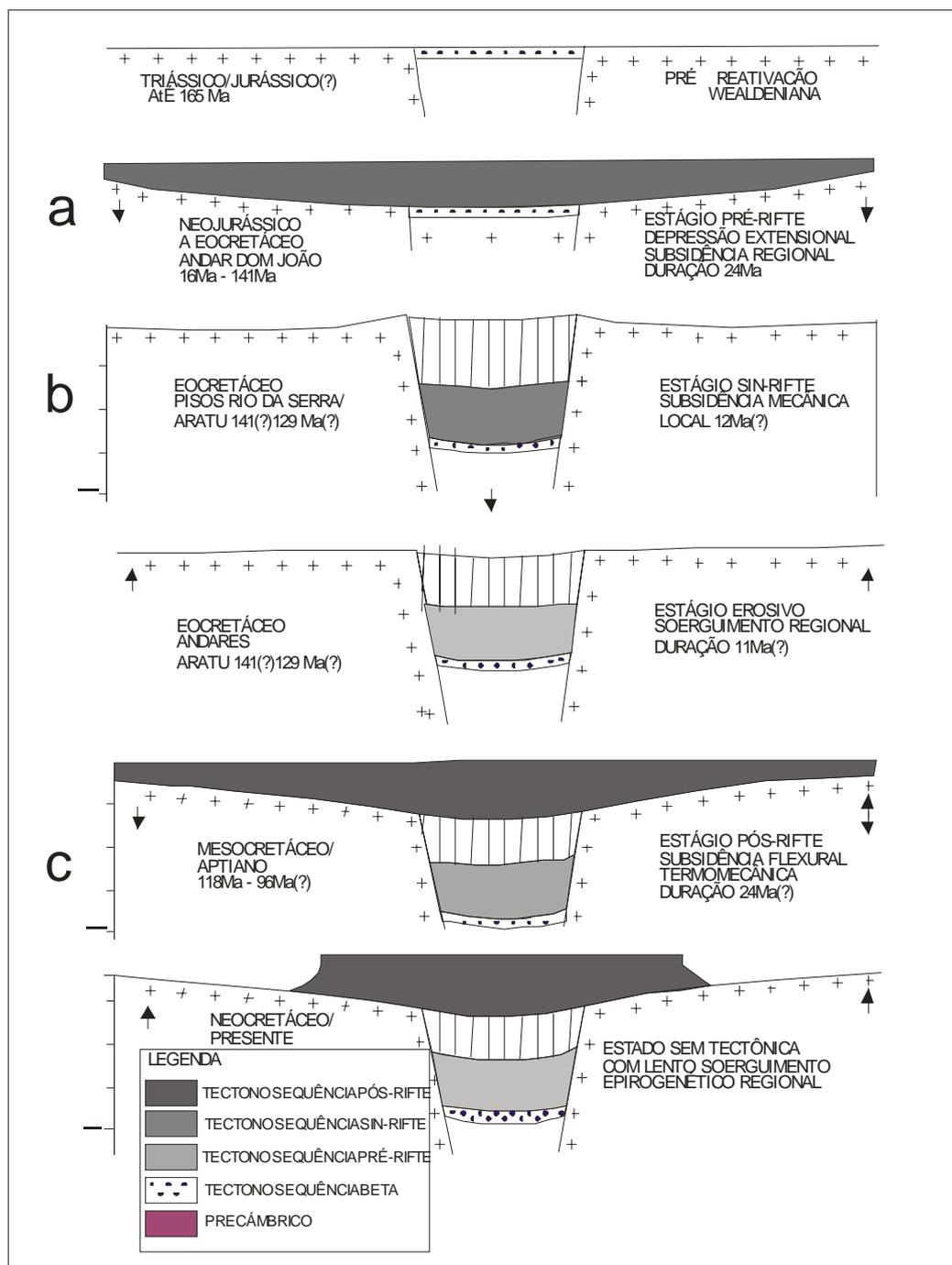


Figura 4.10 – Evolução tectônica da Sub-bacia de Feitoria, reconstituída a partir da análise geo-histórica do poço 2-AP-1-CE, descrita por Ponte Filho (1992), com as características de sedimentação na Tectono-sequência Pré-Rifte (a), na Rifte (b) e na Pós-Rifte (c), segundo Neumann (1999).

sedimentos litorâneos e marinhos enquanto o empilhamento estratigráfico é caracterizado por fácies de sistemas deposicionais, aluviais e lacustres.

Os contatos entre as Formações do Grupo Santana são normais e gradativos, havendo uma discordância de não-deposição entre Ipubi e Crato (Ponte & Appi, 1990, e Ponte, 1992), em localidades específicas, em face do caráter errático das lentes sulfatadas, mesmo que na seqüência evaporítica os sulfatos sucedam os carbonatos.

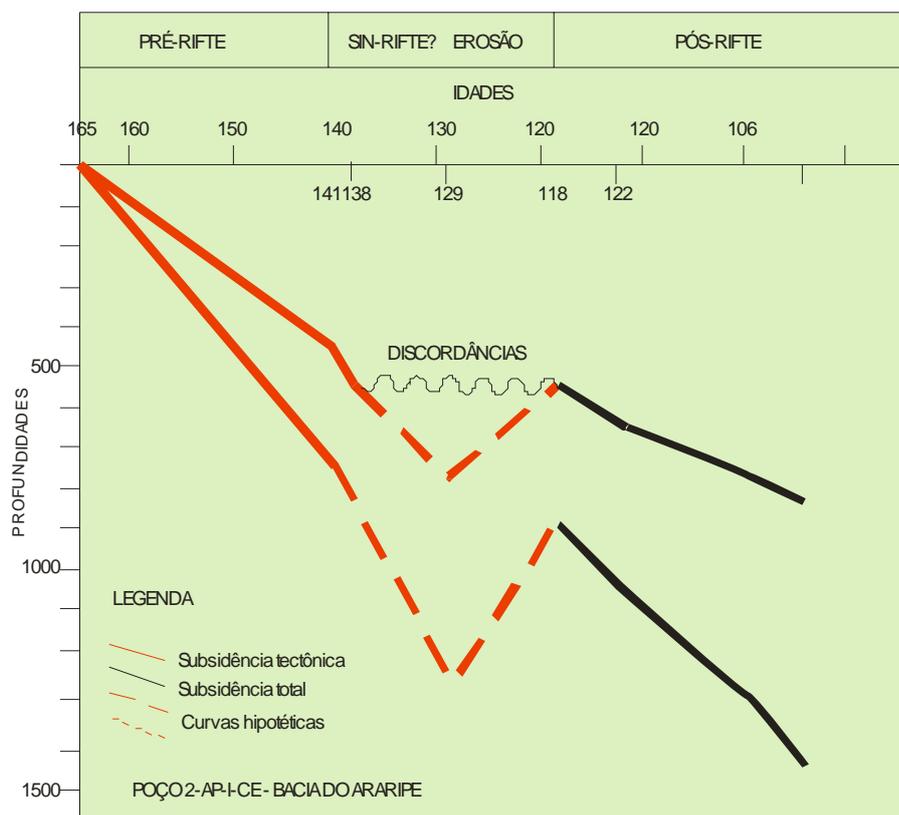


Figura 4.11 – Diagrama hipotético da reconstrução da “subsidência” no Graben da Sub-bacia de Feitoria (extraído de Ponte & Ponte Filho, 1996a e b).

Os ambientes de sedimentação desses estratos, considerados policíclicos, foram classificados como continentais (fluvial e lacustre), transicional e marinho raso, predominando neles, o estágio transgressivo, passando por inundações marinha e lacustre, e, por fim, o estágio regressivo (Ponte, 1994, e Ponte & Ponte Filho, 1996a). Todos esses ambientes já foram mencionados.

Estes estádios, definidos por Chang *et al.* (1990), foram confirmados por Neumann (1999) e Neumann & Cabrera (1999).

4.3.2 Seqüência estratigráfica

De acordo com Ponte & Ponte Filho (1996b), até os fins dos anos 1960, classificações de bacias eram estabelecidas a partir de observações de campo,

A primeira foi desenvolvida entre o Titoniano (Portlandiano) e Barremiano Inferior, que corresponde aos andares Dom João e Aratu do Recôncavo-Tucano, da cronoestratigrafia do Brasil, definida por Arai *et al.* (1989 *apud* Neumann 1999). São sedimentos siliciclásticos de finos a grossos, concentrados na parte inicial (base) e rareando em direção ao topo (parte final).

As grandes bacias interiores que possuem a primeira fase lacustre são a Potiguar, no *Graben* Pendência (Rio Grande do Norte), as de Iguatu e Icó e Araripe (Ceará) e as do Rio do Peixe (Paraíba).

A segunda fase, com desenvolvimento apreciável, só foi observada na Bacia do Araripe, com predominância de sedimentos carbonáticos e em parte evaporíticos, nos períodos Aptiano e Albiano.

- Unidade basal

Formação Mauriti

Esta formação teve outras denominações: Tacaratu, designada por Braun (1966), correlacionada com sedimentos similares da Bacia de Tucano Norte (Ponte, 1992a), na Bahia, e designada Cariri, por Beurlen (1962 e 1963).

Constitui-se de arenitos branco-amarelados, de conglomeráticos a grossos, quartzosos e feldspáticos, tendo Anjos (1963 *apud* Oliveira *et al.*, 1979) lhe atribuído a idade siluro-devoniana. Aflora no vale do Cariri em poucas exposições. São resultado de sistemas fluviais entrelaçados. Segundo Assine (1994 *apud* Neumann, 1999), as paleocorrentes possuem direção predominantemente para norte, mais precisamente, para 352Az. Pertence a *Tectonossequência Beta*.

É considerada remanescente da bacia maior citada por Ponte (1994) e correlacionada com sedimentos semelhantes na Bacia Tucano Norte (Ponte, 1992a) como

destroços de uma extensa cobertura epicontinental paleozóica, sem relação genética com a evolução tectono-sedimentar da bacia mesozóica (Ponte & Ponte Filho, 1996a).

Sua espessura varia de 20m a 50m, conforme Beurlen (*ops.cits.*). Ponte & Appi (1990) mostram 46m, na seção do poço 2-AR-1-CE. Para Neumann (1999), a possança da Formação chega a 100m. Repousa diretamente no embasamento cristalino, aflorando no vale, não se tendo conhecimento de contato com seqüências fanerozóicas sob a Chapada.

- Unidades do Grupo Vale do Cariri

São constituídas de duas Formações da *Tectono-seqüência Pré-Rifte*, Brejo Santo e Missão Velha, e uma da *Rifte*, Abaiara (Ponte & Ponte Filho, 1996). É onde se inicia a primeira fase lacustre da Bacia, a exemplo das demais grandes bacias interiores do Nordeste (V. Quadro 4.10).

1 Formação Brejo Santo

Inicialmente, esta formação foi desmembrada daquela denominada Missão Velha, de Beurlen (1962 e 1963). O atual nome foi dado por Gasparly & Anjos (1964 *apud* Brito, 1990).

É composta de alternância de arenitos finos, siltitos e argilitos vermelhos, com intercalações de arenitos vermelhos, estratificação cruzada planar de grande porte, situando-se na parte basal da seqüência, oriundos de

associação de ambientes fluvial meandrante, lacustre raso e, secundariamente, eólico (Ponte, 1992b).

Para cima, ocorre uma seção constituída de argilitos e folhelhos vermelhos ou marrom-escuros, com intercalações de folhelhos verdes, e resultam da associação litofaciológica lacustre rasa. Ambas as associações contêm espécimens de ostracodes (ostracódios, segundo Ferreira, 1986), características de ambiente lacustre, típicos da biozona NRT 001 (Ponte, 1992b), datada do andar Donjoanino (?), do Jurássico Superior.

Foi correlacionada por Braun (1966) com a Formação Aliança das Bacias do Recôncavo e Tucano-Jatobá, do andar Purbeckiano.

Sua espessura, observada no perfil do poço 2-AP-1-CE, totaliza aproximadamente 430m, dividida em uma seção inferior de 145m, no intervalo 1.308m a 1.452m, e outra superior de 285m, no intervalo 1.023m a 1.308m. No poço 2-AR-1-CE, é estimada em 42m, a mais de 1.000m de profundidade.

O contato inferior é discordante, repousando na superfície erodida do embasamento cristalino. O superior com a Formação Missão Velha, é gradual, segundo Ponte (op.cit.), mas difícil de delimitar em campo.

2 Formação Missão Velha

Small (1913), que descreveu a maioria das unidades litoestratigráficas da Bacia do Araripe, designou-a Arenito Inferior do Araripe, nome alterado para Missão Velha, por Beurlen (1962 e 1963). Sua denominação atual foi proposta por Ponte & Appi (1990).

Outros autores [Braun, 1966; Caldasso, 1967 (*apud* Brito, 1990), Silva, 1967 (*apud* Brito, 1990); Assine, 1992aa] discorreram sobre esta formação, tendo Ponte (1992b) descrito

uma associação faciológica de arenitos fluviais, predominantemente anastomosados, constituídos ..., na base por bancos espessos de arenitos brancos ou amarelados, grosseiros com níveis conglomeráticos e culminando, no topo, por lentes delgadas de arenitos finos, argilosos e siltitos, e troncos e fragmentos de madeira silicificada, ainda não estudados,

única ocorrência desses testemunhos fósseis encontrados.

Pela constituição litológica descrita, não se trata de ambiente de sedimentação lacustre, confirmando sua ausência nesta parte da seqüência.

Foi datada da Idade Neocomiana, em virtude dos troncos de madeira fósseis encontrados *in situ*, e correlacionada com a Formação Sergi das Bacias do Recôncavo e Tucano Norte por Braun (1966).

A espessura é estimada em 200m, mas, no poço 2-AR-1-CE, foi calculada em 178m e, no poço 2-AP-1-CE, em 187m, compreendendo o intervalo 836m a 1.023m.

O contato inferior com a Formação Brejo Santo é gradual, e o superior, com a Formação Abaiara, seria descontínuo, similar a discordância paralela (diastema, segundo Ponte, 1996).

3 Formação Abaiara

Esta designação foi definitivamente apresentada na proposta de Ponte & Appi (1990), que a desmembraram da parte superior da Formação Missão Velha de Beurlan (1963 e 1971), Assine (1990 *apud* Ponte 1992b e Ponte, 1994) e Viana & Cavalcanti (1991), como tendo

características litológicas e conteúdo paleontológico próprios (Ponte Filho & Ponte, 1992).

Estruturalmente, pertence a *Tectono-seqüência Riffe* e, estratigraficamente, é a parte superior da primeira fase lacustre das grandes bacias interiores do Nordeste, quando o caráter da sedimentação mudou com o aumento da atividade tectônica.

Os depósitos proximais compreendem arenitos finos e siltitos bem selecionados com lentes e sigmóides, amalgamados e folhelhos intercalados, representando depósitos de deltas e planícies de inundação. Os aluviais distais têm

intercalações com siliciclásticos grosseiros, semelhantes aos da Formação Brejo Santo (Neumann, 1999).

Sua seção-tipo é encontrada nos poços 2-AR-1-CE e 2-AP-1-CE e em afloramentos próximos a Missão Velha e Brejo Santo.

Estudos faciológicos de afloramentos revelam ambiente de sedimentação de origem lacustre rasa, deltáico-lacustre, de planícies de inundação e fluvial meândrica.

Estudos paleontológicos de amostras coletadas das seções-tipo indicadas acima revelam faunas de ostracodes fósseis, com amplitude das biozonas NRT 002.2 a 003.1, NRT 003, NRT 003.2 a 004.1, indicativas de parte inferior e média do andar Rio da Serra, e a biozona NRT 004 a 005.1, que abre a possibilidade de ocorrência do andar Aratu [Coimbra (1989 *apud* Brito, 1990) e Silva-Teles Jr. (1990 *apud* Ponte Filho & Ponte, 1992)].

Todos estes andares são da Idade Neocomiana, o que, na escala geocronométrica, representam deposição entre 141 M.a. a cerca de 139 M.a., correlacionável paleontológica e estratigraficamente com os Grupos Rio do Peixe e Iguatu e, em parte, com a deposição das Formações Pendência (Bacia Potiguar), Barra de Itiúba (Bacias de Sergipe e de Alagoas) e Candeias (Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá), de acordo com os estudos de Ponte Filho & Ponte (1992).

Sua espessura medida, nos dois poços citados, é de 124m. É facilmente reconhecida em fotos aéreas, mas, no campo, há poucos afloramentos em razão dos solos espessos.

Suas relações de contato são de discordância paralela, na base (Ponte, 1996), alterando ponto de vista de possibilidade de abrupto e aparentemente normal, em Ponte Filho (1992), e discordância pré-aptiana, no topo, por faltarem rochas correlatas nos andares Aratu Superior, Buracica e Jiquiá (Ponte Filho & Ponte, 1992), tendo sobrejacentes sedimentos aptianos da Formação Rio da Batateira ou Santana, segundo Ponte & Appi (1990).

- Unidades do Grupo Santana (Neumann, 1999)

Na parte superior da seqüência sedimentar, começa a segunda fase lacustre observada tão-somente na Bacia do Araripe (V. Quadro 4.10).

Na classificação de Neumann (1999) e Neumann & Cabrera (1999), os Membros Crato, Ipubi e Romualdo da Formação Santana de Ponte & Appi (1990)

receberam *status* de formação, mantendo seus nomes originais e o Grupo tem ainda a Formação Arajara, completando a coluna estratigráfica.

1 Formação Rio da Batateira

Designada por Ponte & Appi (1990) equivale à Formação Barbalha de Assine (1990 *apud* Neumann, 1990; 1992a), correlacionada com a Formação Marizal, da Bacia Recôncavo-Tucano, e foi confirmada com o nome acima.

Estudos anteriores a denominaram de “seqüência plumbífera do Araripe” (Farina, 1974), em virtude de mineralizações de sulfetos, e de “camadas Batateira” (Hashimoto *et al.*, 1987), em face da redução de energia da sedimentação no ambiente fluvial.

De acordo com Neumann (1999), Assine (1990) realizou 131 medidas de paleocorrentes na associação de fácies fluvial, mostrando sentido claro para 125Az.

É constituída por arenitos cinza-claros a castanho-avermelhados, de muito finos a grossos, em parte caulínicos, friáveis, com intercalações de lamitos avermelhados e amarelados e níveis conglomeráticos, apresentando granodecrescência ascendente, culminada com intervalos pelíticos, em parte probetuminosos, pretos, com laminações carbonáticas de algas e ainda contendo fósseis animais e vegetais (Ponte, 1992b).

Tais estratos estão inseridos em ambiente flúviolacustre (que caracteriza o início da segunda fase lacustre na Bacia), definido por Ponte (1992a), relacionados a palinomorfos continentais, que lhe atribuem idade aptiana superior, o que é confirmado por Pons *et al.* (1990) em seus estudos palinológicos para as “camadas Batateiras” (**sic**).

Sua área de exposição é observada na Sub-bacia do Cariri, na parte leste da Chapada. Ponte e Appi (1990) descreveram a seção-tipo no leito do rio de mesmo nome, no Crato, enquanto Assine (1990), nos grandes afloramentos ao longo da atual estrada asfaltada Barbalha-Crato, nas encostas da Chapada.

Em subsuperfície, foi detectada em furos de sondagem, com espessura aproximada de 200m.

O contato inferior é discordante com sedimentos neocomianos da Formação Abaiara e o superior é gradativo com a Formação Crato, formando interdigitação com camadas carbonáticas.

2 Formação Crato

A primeira menção desta unidade lito-estratigráfica, posta no âmbito do Grupo Santana, foi feita por Spix & Martius (1823-31, *apud* Brito, 1990), descrevendo

uma formação bastante extensa de margas, com peixes petrificados, quase na fronteira mais a sudeste

da Serra do Araripe ou dos Cariris. Posteriormente, Gardner (1841-49 *apud* Brito, op.cit.) a comparou às *chalks series* da Inglaterra, efetuando a primeira datação de terrenos no Brasil, associando sedimentos e ictiofósseis observados em viagem à Chapada do Araripe.

Small (1913) designou esta unidade de “calcáreo de S. Anna (**sic**)”, descrita por Beurlen (1962 e 1971) como Formação Santana, constituída por três membros denominados, do topo para a base, Romualdo, Ipubi e Crato.

No interregno acima, vários geocientistas promoveram alterações na distribuição das unidades. O próprio Beurlen (1963) chamou de Crato a unidade inferior e de Santana as duas sobrepostas. Alguns aglutinaram as unidades basais (Santos & Valença, 1968). Outros mais concordaram genericamente com a nova descrição [Mabesoone & Tinoco (1973 *apud* Brito, 1990); Lima, 1975; Santos (1982 *apud* Brito, 1990) e Silva, 1986a e b), consolidada com a proposta de Ponte & Appi (1990), mesmo com outros divergindo das sugestões até então apresentadas. Viana & Cavalcanti (1991) redefiniram as unidades desta formação, com base em estudos anteriores (1990), concordando (e confirmando) com a maioria dos geocientistas, quando concluíram que

os sedimentos ... revelaram grande complexidade litológica e faciológica só sendo possível a caracterização dos membros ... a partir da definição da superfície erosional ... nas regiões sudoeste ... norte ... e nordeste ... para mostrar o seu caráter regional.

A seqüência desta unidade, segundo Ponte & Appi (1990), começa com folhelhos cinza e castanho-escuro e pretos, calcíferos, laminados, passando a calcários micríticos cinza-claro e creme, argilosos, finamente estratificados em lâminas uniformemente paralelas. Em meio à laminação dos calcários, são observados fósseis de peixes, do gênero *Dastilbe*, e vegetais, muito regulares na seqüência.

Martill (1993) foi quem primeiro considerou esta unidade, elevando-a à categoria de formação e não mais membro, considerando o ambiente de

sedimentação lacustre, caracterizando fácies centrais de sistema de deposição denominado “Lago Araripe”, por Silva (1983). Isto confirma a existência da segunda fase lacustre na Bacia já iniciada na Formação subposta.

Segundo Viana & Cavalcanti (1991), além do ambiente lacustre dominante, há influência marinha na parte inferior da unidade. Sua deposição, de acordo com Ponte & Ponte Filho (1996b), teria acontecido nas plataformas distais mais rasas.

Esta característica é confirmada por Silva-Teles & Viana (1990), que concluem, com base em estudos paleoecológicos (ontogenéticos) de populações de ostracodes (ostracódios, segundo Ferreira, 1986), em afloramentos da antiga Formação Santana especificamente, que

a seqüência pré-evaporítica (Mb. Crato) representa a deposição em sucessivas fases do paleolago com teores de salinidade mais baixos do que os dos membros Ipubi e Romualdo. Duas fases foram diferenciadas: a primeira, na base, representa paleolago meromítico e eutrófico com ostracodes (sic), associados a eventos com mais oxigenação, e a segunda, no topo, representa paleolago holomítico, mesotrófico a holotrófico.

Quanto à datação, estudos palinológicos mais recentes, realizados por Pons *et al.* (1990), atribuem-lhe a idade do final do Aptiano Superior ao Albiano Inferior, confirmando datações genéricas de Ponte & Appi (1990).

Sua espessura pode variar de 35m a 80m, com média em torno de 50m.

Seus contatos, tanto o inferior, que interdigita com a Formação Rio da Batateira, como o superior, com a Formação Ipubi, são graduais, dentro do processo transgressivo/regressivo já abordado (Chang *et al.*, 1990),

3 Formação Ipubi

Esta unidade representa o final da seqüência sedimentar em lago ou mar interior e, conseqüentemente, a parte final da fase lacustre preconizada anteriormente.

Constitui-se de sulfatos hidratados (gipsita) e anidros (anidrita), dispostos em lentes de variadas dimensões ao longo da Chapada, e de carbonatos, depositados em águas rasas salinas, crescentemente por evaporação, com leitos de folhelhos escuros, intercalados subordinadamente, em ambiente de planícies de “sabkha” (Berthou *et al.*, 1990).

Silva-Teles & Viana (1990) concordam com os autores ora citados e destacam ainda que a deposição foi predominantemente química sobre a siliciclástica, cujas

condições são impróprias à vida de ostracodes (sic).

A idade atribuída a esta unidade é Albiano Inferior a Médio, segundo Berthou *et al.* (1990).

Sua espessura média é de 30m, podendo ser observada em alguns pontos da Chapada por cobertura de taludes ou não-deposição. Nas depressões da Sub-bacia de Feitoria, apresenta-se espessa, atingindo 80m, aproximadamente, na interpretação de Ponte Filho (1992), do poço 2-AP-1-CE.

Suas relações de contato são gradativas com a Formação Crato (inferior). Com a Formação Romualdo, que lhe é sotoposta, é de gradual a localmente erodido, porque o microconglomerado está presente (Silva-Teles & Viana, 1990), indicando possível discordância angular.

Neumann (1999) conseguiu interpretar e delimitar a área de preservação da segunda fase lacustre, o que é apresentado na Fig. 4.13, que se estende um pouco mais até a parte basal da formação Romualdo.

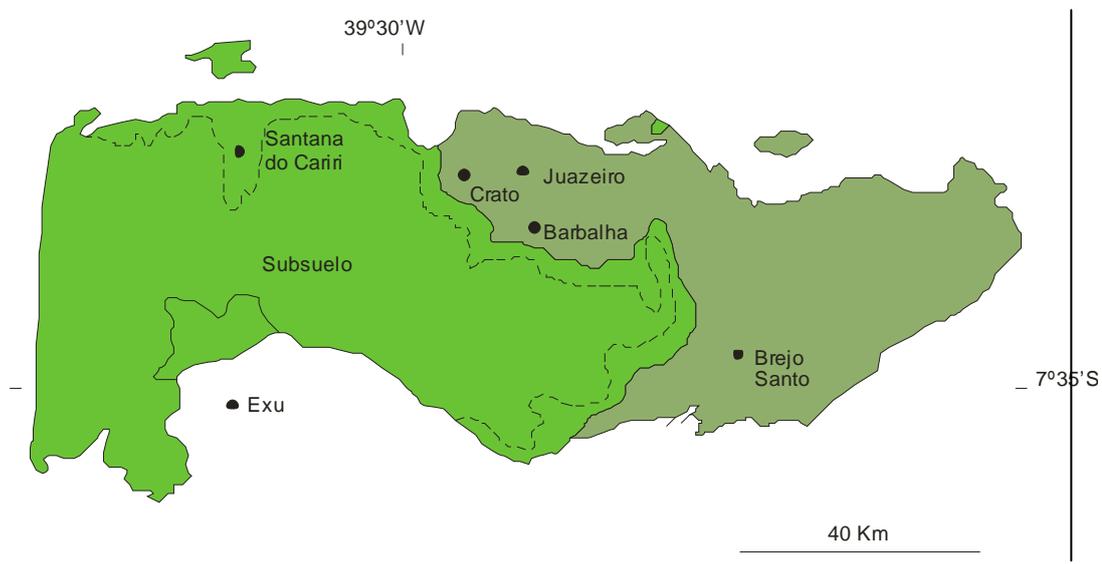


Figura 4.13 –Área de preservação do espaço geográfico da segunda fase lacustre da Bacia do Araripe (parte esverdeada escura), na Sub-bacia do Cariri (extraído de Neumann, 1999).

4 Formação Romualdo

É constituída de intercalações de folhelhos e margas de tom cinza-esverdeado e bastante fossilíferos, sendo importantes as concreções calcárias

contendo peixes fósseis; calcários argilosos, fossilíferos, ocorrendo principalmente na parte superior da unidade; e lentes de arenitos friáveis esbranquiçados.

O ambiente de deposição desta seqüência pós-evaporítica, segundo Silva-Teles & Viana (1990) e Viana (1990), é de origem lacustre, altamente cíclico, exceto na parte superior do pacote, com margas e calcários que, com seu conteúdo fossilífero, indicam sedimentação marinha, culminando, no topo, em ambiente transicional,

em face da ocorrência de peixes de ambiente marinho associada aos ostracodes (sic) que ... não possuem características intrinsecamente marinhas.

De acordo com Pons *et al.* (1990), é datada dos andares de Albiano Médio ao Superior, com base em estudos palinológicos.

A espessura atinge 60m no intervalo de profundidade 337m-397m, do poço 2-AP-1-CE. Aflora em vasta área, no sopé da Chapada, pelas vertentes leste e norte, sendo mais bem preservada no Cariri central (de Missão Velha a Santana do Cariri).

Seu contato inferior com a Formação Ipubi é marcado por delgada camada de até 2m de microconglomerado, apontada por Berthou *et al.* (1990) e Silva-Teles & Viana (1990) como evidência de início de seqüência deposicional em discordância erosiva regional. O superior é normal com a Formação Arajara, representativa de novo ciclo sedimentar lacustre.

5 Formação Arajara

Esta Formação é originada de proposta de Ponte & Appi (1990) em evento técnico nacional, desmembrando uma seqüência de psamitos finos e pelitos, classificada como um membro inferior da formação sobrejacente, a Exu, como definiram Beurlen (1963), Mabesoone & Tinoco (1973 *apud* Brito, 1990) e outros.

Segundo Ponte & Appi (*op.cit.*), esta seqüência é composta por siltitos, argilitos e arenitos finos, argilosos, bem estratificados, exibindo marcas onduladas, laminações cruzadas e, eventualmente, fluidificação. Sua área de exposição é observada na estrada Crato-Arajara e, em corte da BR 316, nos flancos ao sudoeste da Chapada, próximos aos limites de Pernambuco e Piauí.

Estes sedimentos são indicativos de ambientes lacustres rasos, marginais, na fase final de deposição flúviolacustre, a segunda em toda a seqüência da Bacia do Araripe (Ponte & Appi, *op.cit.*).

A idade é atribuída ao período Albiano (Superior?), em condições climáticas quentes e áridas, segundo Lima (1978 *apud* Brito, 1990), em estudos palinológicos.

A medição de sua possança em campo é muito difícil, mas foi observada seção de 100m nos poços 2-AR-1-CE e 2-AP-1-CE.

Seus contatos inferior e superior, respectivamente com as Formações Romualdo e Exu, são concordantes.

Sua exposição, na área de estudo, limita-se aos cortes de estradas vicinais de acesso a Santana do Cariri, sendo mais visíveis em perfis da escarpa. A maior parte de sua visão geográfica não seria mapeável na escala do trabalho ora apresentado.

- Unidade final

Formação Exu

Identificada como “Arenito Superior” de Small (1913), Beurlen (1962) a denominou Exu, ficando consagrada na estratigrafia brasileira e internacional, embora Barros (1963 *apud* Brito, 1990) a denominasse de Formação Arajara e Anjos (1963 *apud* Oliveira *et al.*, 1979) de formação Feira Nova, pontos de vista não defendidos por outros autores que os sucederam em estudos.

Sua associação litológica é uma seqüência monótona de arenitos avermelhados a vermelhos, geralmente grosseiros, argilosos, caulínicos, friáveis. Intercalam-se ainda leitos de arenitos grossos a conglomeráticos, friáveis, dispostos em bancos e mostrando estratificações cruzadas.

A tipologia faciológica é indicativa de ambiente fluvial e sua exposição se estende por toda a Chapada, constituindo-se na cobertura final dos sedimentos da Bacia do Araripe.

Sua espessura é estimada em 150m a 200m, na parte oriental da Chapada, reduzindo-se a 100m na ocidental que, nas partes de depressão estrutural, podem ser maiores do que as observadas na superfície.

Seu contato inferior é gradativo com a Formação Arajara.

O Quadro 4.1 sintetiza as principais classificações dos estratos da Bacia do Araripe.

4.4 RECURSOS HÍDRICOS

A drenagem superficial é representada pelos altos cursos das bacias dos Rios Jaguaribe, no Ceará, da Brígida e das Garças, em Pernambuco, e do Poti no Piauí, atuando a Chapada como divisor de hidrográfico regional desses três estados.

Nos Estados de Pernambuco e Piauí, não existem relações de contribuição entre bacia sedimentar e as bacias hidrográficas, uma vez que a Chapada termina em forma íngreme (escarpas), somente mencionados os aspectos hídricos da bacia do Rio Jaguaribe no Ceará.

Este é formado, no seu alto curso, pelos Rios *Bastiões*, que procede de Araripe, *Cariús*, que nasce em Santana do Cariri e passa por Nova Olinda, indo desaguar próximo à cidade de Iguatu, e *Salgado*, que drena toda a região oriental do Cariri cearense e desempenha a principal relação entre os sistemas aquíferos da Bacia Sedimentar do Araripe.

O Rio Salgado recebe contribuição, pela margem esquerda, dos riachos *Batateiras*, *Granjeiro* e *Carás*, nos Municípios de Crato e Juazeiro do Norte, *Salamanca*, no de Barbalha, e *Seco*, no de Missão Velha; pela margem direita, recebe a do riacho dos *Porcos*, que capta toda a água superficial da região oriental, incluindo os Municípios de Milagres, Mauriti, Brejo Santo, Porteiras, Jardim e Jati.

A hidrografia da bacia sedimentar, sobretudo na região do Cariri, é caracterizada por:

- 1) ausência de rede hidrográfica na parte superior da Chapada, que é sub-horizontal quase plana e permoporosa;
- 2) um setor torrencial das vertentes da Chapada, desde a base das escarpas dos arenitos superiores até a planície, percolando nas zonas de coluviões; neste setor, as águas pluviais recebem ainda a colaboração das restituições dos arenitos superiores em forma de fontes contingentes e difusas; e
- 3) uma zona de aluviões depois da inflexão da declividade máxima das vertentes; as torrentes depositam rapidamente sua cargas nas planícies onde elas se espraiam; os transbordamentos em cheia são numerosos e facilitados pelos trabalhos agrícolas que utilizam as aluviões para cultivar cana-de-açúcar (Bermond *et al.*, 1967 *apud* Brasil/DNPM, 1996).

O Riacho Batateiras, junto ao Granjeiro na estação fluviométrica de Carité, apresenta, no estudo elaborado pelo GEVJ/SUDENE, uma descarga média da

ordem de $40 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$, tendo sido avaliadas as parcelas de contribuição das cheias (águas pluviais) em 40%, das restituições subterrâneas em 40% e das fontes (infiltração) em 20%.

Enquanto isso, o Riacho Seco, que complementa a drenagem nesta parte ocidental da região, na margem esquerda do Rio Salgado, teve sua descarga avaliada em torno de $8 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$.

Na região oriental, o Riacho dos Porcos, que tem extensa bacia hidrográfica, despeja no rio Salgado cerca de $85 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$. A contribuição é quase totalmente de águas pluviais, pois praticamente não existem fontes dos arenitos superiores e a vazão de escoamento dos aquíferos é muito reduzida.

Na área de estudo, próximo ao sopé da Chapada, estão as cabeceiras do Rio Cariús, que vai verter suas águas no Rio Jaguaribe, bem perto da cidade de Iguatu, realizando um curso de mais de 150km de extensão. Seus tributários são intermitentes e de pequenos cursos, a exemplo de outros rios e riachos, como Carás e Carazinho, bem mais a jusante da área. A origem do fluxo de suas águas ocorre com o jorro das nascentes ou exutórios existentes às dezenas entre duas formações, uma permeável (Exu) e outra quase impermeável (Arajara), com localização no pé da escarpa da Chapada.

O fluxo aumenta com os períodos de chuva, principalmente as torrenciais de verão em janeiro e fevereiro, havendo alagamentos esporádicos de casas e ruas, deslizamento de terra (solifluxão), danos em edifícios, residências e casas comerciais etc,

4.5 GEOMORFOLOGIA

No estudo geomorfológico, podem ser reconhecidas três zonas distintas: *Zona de Chapada*, *Zona de Talude* e *Zona de Pediplano*, cada uma delas mostrando características peculiares do ponto de vista de litologia, relevo, clima, hidrografia e vegetação, melhor perceptíveis na região nordeste da Bacia Sedimentar, que compreende o vale do Cariri, o qual, por sua vez, inclui os Municípios de Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha, Missão Velha, Abaiara, Milagres, Mauriti, Brejo Santo, Porteiras e Jardim, acompanhando um semicírculo no sentido horário da descrição.

4.5.1 Zona de Chapada

A **Chapada do Araripe**, assim conhecida na região, é constituída de arenitos da Formação Exu e apresenta relevo tabular quase horizontal, formando extensa “meseta” limitada por escarpas abruptas, em quase toda a sua extensão, de contornos irregulares e desníveis consideráveis, que chegam a ultrapassar 300m.

Nesta meseta, podem ser individualizadas duas partes: a primeira, entre os Estados de Pernambuco e Ceará, é a feição que se estende na direção E-W, cobrindo uma superfície de aproximadamente 180km de comprimento e largura variável entre 30km e 50km (Rosendahl, 1987 *apud* Ponte & Ponte Filho, 1996a), constituindo divisor de águas das bacias hidrográficas dos Rios São Francisco, ao sul, e Jaguaribe, ao norte.

A segunda parte fica na porção mais ocidental da meseta, nos limites dos Estados de Pernambuco, Ceará e Piauí. No Município de Araripina, extremo oeste de Pernambuco, a feição sofre uma inflexão de noventa graus para sul e se estende por cerca de 60km com largura média de 20km, constituindo-se, assim, no divisor de águas das bacias hidrográficas dos Rios São Francisco, a leste, e Parnaíba, ao oeste.

As altitudes da Chapada, na primeira parte, decrescem de leste para oeste, atingindo elevação máxima (1.000m) ao norte de Porteiras (CE) e mínima (700m) nas imediações de Araripina (PE). A partir daí, em direção ao oeste, a altitude vai aumentando gradativa e lentamente, chegando a atingir a cota máxima de 760m.

A ausência quase total de drenagem no topo da Chapada está diretamente relacionada às características do solo que a recobre, pois, sendo este oriundo de arenitos, apresenta-se bastante uniforme, essencialmente arenoso, poroso e permeável, não oferecendo, portanto, quaisquer condições para desenvolvimento de boa rede de drenagem.

A vegetação nativa é uniforme, densa e de porte médio a grande. Em virtude das características do solo, extensas áreas se encontram cultivadas (de subsistência), destacando-se a lavoura da mandioca, utilizada na fabricação de farinha.

4.5.2 Zona de Talude

É a que bordeja o sopé da Chapada, incluindo, geologicamente, unidades litológicas das Formações Arajara (siltitos e arenitos argilosos e/ou caulínicos) e

Romualdo (margas, folhelhos e calcários, contendo níveis intercalados de gipsita). O solo, de baixa acidez, derivado dessa associação litológica, é espesso, pouco permeável e bastante fértil, desenvolvendo-se nele uma drenagem relativamente densa e ramificada.

No contato das Formações Exu (base da escarpa) e Arajara e no âmbito desta última Formação, existem centenas de exutórios naturais de água (fontes), que poderiam e deveriam ser mais bem aproveitados para irrigação e/ou abastecimento d'água dos municípios localizados ao sopé da Chapada. O que se observa, no entanto, é a sua exploração como fonte de lazer e atração turística, haja vista os hotéis, balneários e clubes de campo existentes na região.

A abundância de água e a fertilidade do solo são os fatores responsáveis pelo desenvolvimento da vegetação exuberante mostrada por esta feição fisiográfica.

4.5.3 Zona de Pediplano

Está bem representada na porção cearense, constituindo vasta depressão, com extensão da ordem de 1.500km², emoldurada ao sul pelas falésias escarpadas da Chapada do Araripe (a chamada Serra do Araripe) e ao norte e nordeste pelas **cuestas** (grifos do autor) dos arenitos siluro-devonianos da Formação Mauriti (Ponte, 1991).

A sua área de domínio se desenvolve desde a região de Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha e Missão Velha, na parte ocidental do Vale do Cariri, até os municípios de Abaiara, Milagres e Mauriti, a leste, e Brejo Santo, Porteiras e Jardim, ao sudoeste, mostrando topografia com altitude média em torno de 400m, caracterizada por morros alongados entremeados de vales amplos de fundo plano.

Uma exceção a este comportamento topográfico é a Serra do Mãozinha (com altitude máxima entre 800m e 900m) que nada mais é do que uma saliência de sedimentos de formações das *Zonas de Chapada e Talude*, descritas anteriormente, no âmbito da Zona de Pediplano, feição também denominada em Geomorfologia de morro-testemunho.

As litologias predominantes no Grupo Vale do Cariri, como é chamada esta parte da bacia hidrográfica e a um Grupo de formações na metade inferior da seqüência estratigráfica, relacionam-se às Formações Brejo Santo e Missão Velha (Jurássico), Abaiara e Rio da Batateira (Cretáceo), estando este conjunto balizado,

ora pelos arenitos da Formação Mauriti ora pelas rochas do embasamento cristalino pré-cambriano (**sic**). Vide Fig. 4.14.

Os solos oriundos das unidades litológicas aí presentes têm uma composição argilo-siltico-arenosa (Formações Rio da Batateira e Abaiara), arenosa (Formação Missão Velha) ou argilosa (Formação Brejo Santo) e a vegetação nativa, onde, preservada, é tipicamente de caatinga. O principal curso d'água que drena o vale é o Riacho *Batateira*, cujos tributários são alimentados constantemente pelas fontes localizadas nas vertentes da Chapada do Araripe. Em razão das características do solo e mananciais de águas subterrâneas e superficiais, a agricultura aqui é bem desenvolvida, observando-se extensas áreas cultivadas com cana-de-açúcar, feijão, milho, arroz, mandioca, abacaxi etc.

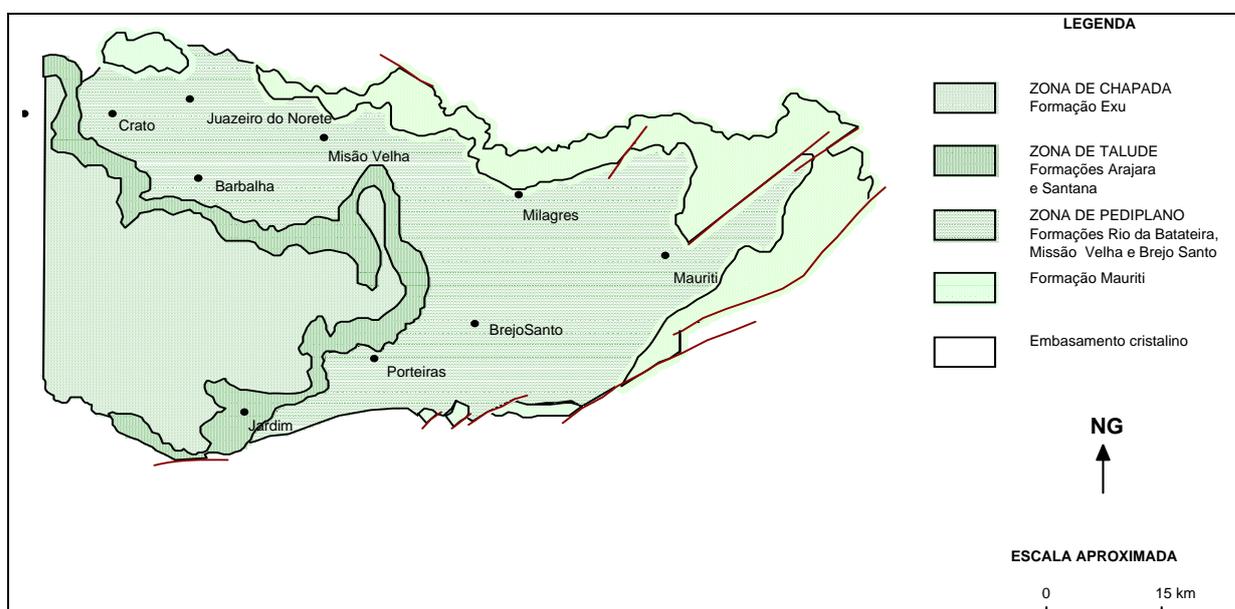


Figura 4.14 – Mapa das zonas fisiográficas (geomorfológicas) da parte oriental da Bacia do Araripe com as formações agrupadas em cada uma delas (esboço de Brasil/DNPM, 1996).

4.6 POLUIÇÃO

Pelas unidades de setores primário e secundário instaladas na região, não haveria problemas nesses dois municípios, Nova Olinda e Santana do Cariri, porque de indústria só existe a unidade de redução de blocos e outra de calcinação de gesso em Nova Olinda, que, com freqüência, libera muito pó pela chaminé do forno.

Fora daí, porém, há uma fábrica de cimento em Barbalha, outra de calçados no Crato, algumas fábricas de material plástico e óleos comestíveis em Juazeiro do Norte e as serrarias de ladrilhos, ao longo das áreas onde estes são extraídos.

Apenas mais alguns pequenos curtumes de baixa produção em áreas pecuárias é que são notados. Estes seriam responsáveis pela contaminação do ar.

Como poluição real, é observado o assoreamento dos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio Cariús, cujas cabeceiras nascem ao sul da cidade de Santana do Cariri, juntas às nascentes da Chapada sem, entretanto, manter permanente o caudal deste rio e, principalmente de seus tributários, que são intermitentes. O fluxo só é mais intenso nos meses da quadra invernososa (janeiro a maio).

Apesar desse acúmulo de material, não se tem notícia de contaminação da água. Anos atrás, professores da UFPE realizaram estudo e nada foi detectado. Cassedane (1965) foi um deles, sem êxito.

Outro aspecto poluidor, não só nesses municípios como também em todos os outros no Cariri sem exceção, é a falta de tratamento de resíduos sólidos das cidades, cujas populações já são relativamente grandes, produzindo boa quantidade desse material.

Geralmente, os locais de recolhimento são muito próximos das sedes e não têm qualquer tratamento técnico para conter o chorume altamente contaminante produzido nessas acumulações.

5 CARATERIZAÇÃO DOS CARBONATOS DA BACIA DO ARARIPE

Os conceitos de carbonatos de origem sedimentar, em seus processos de formação e respectivos ambientes de deposição, clima, tipos e dimensões de bacias, fontes de suprimento de material etc., são muito variados, pois, quase sempre, as condições em um lugar estudado não são idênticas às de outro, sequer próximas.

Segundo McLane (1995), a Sedimentologia experimenta rápido e contínuo progresso desde os anos 1960, tanto em conhecimentos como em tecnologia, em face das pesquisas de reservatórios para a indústria petrolífera, inicialmente em rochas clásticas e depois químicas em trabalhos, estes em depósitos de Bahamas, Florida Bay (E.U. A.), Golfo Pérsico, no Great Barrier Reef (Austrália) e atéis no Pacífico.

As rochas carbonáticas compõem de 10% a 12% de todos os sedimentos da crosta terrestre, sendo uns constituídos de grãos de origem química ou biológica de grande variedade e outros de agregados cristalinos formados por precipitação de soluções complexas sob condições de sedimentação não muito comuns.

Tais rochas podem se formar em quase todos os ambientes aquosos – marinho ou lacustre, salobro ou supersalino, árido ou úmido, quente ou frio – em que as águas rasas de oceanos e da maioria dos lagos são essencialmente saturadas com carbonato de cálcio podendo precipitar calcita com facilidade ou minerais carbonáticos outros.

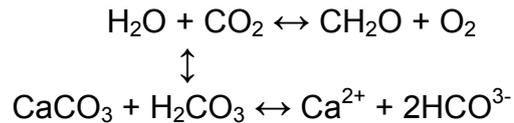
A dominância de rochas químicas é de calcários e dolomitos, compostos de minerais de calcita e dolomita, além de outros com sílica, apatita, hematita, gipsita e anidrita ou halita e silvita. Os quatro últimos pertencem à seqüência evaporítica.

A deposição de carbonato de cálcio (CaCO_3) no oceano está entremeada por organismos de águas rasas. Volumes significativos de rocha carbonática antiga são subprodutos de fotossíntese de algas e bactérias, existentes há mais de três bilhões de anos.

A diagênese é uma importante ferramenta no estudo das rochas carbonáticas, sendo difícil entendê-las desconhecendo seus efeitos diagenéticos, pois está

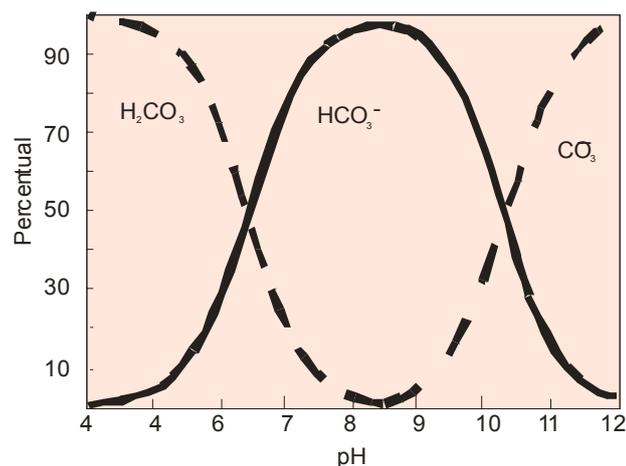
presente desde o início da deposição e provavelmente é responsável pelas necessárias explicações de sua composição e textura.

Como o dióxido de carbono (CO_2), presente na atmosfera, dissolve-se com facilidade em meio aquoso, ele se torna abundante em vários outros ambientes aquosos, sendo consumido tanto em processos naturais como produzindo-se em reações outras; assim, o fluxo do CO_2 , através de sistemas importantes, resume-se nas equações abaixo.



Este é o resultado final de uma série de reações concorrentes e simultâneas que envolvem troca de gás carbônico entre água e atmosfera, fotossíntese de plantas, respiração animal, dissociação do ácido carbônico e precipitação e dissolução do CaCO_3 , que compreende o conjunto do Ciclo do Carbonato, por meio de sete reações na seqüência aqui indicada.

A constituição básica dos carbonatos é o ânion CO_3^{2-} que, de acordo com o princípio do equilíbrio químico de LeChatelier, retirado de um processo em solução aquosa, provoca formação de ácido carbônico e duas de dissociação em duas etapas consecutivas desse mesmo ácido, segundo o Quadro 5.1, no qual são explicadas as concentrações do ácido carbônico, do bicarbonato e do próprio carbonato.



Quadro 5.1 – Concentrações de H_2CO_3 , HCO_3^- e CO_3^{2-} em função do pH da solução aquosa a 25°C ; em pH ácido, favorecem carbonatos, em pH neutro a pouco básico, formam-se bicarbonatos e em pH básico, há domínio de ácido carbônico (segundo McLane, 1995).

McLane (op.cit) diz que há três importantes minerais de carbonatos: aragonita (CaCO_3 , do sistema ortorrômbico), calcita (CaCO_3 , do sistema romboédrico) e dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, também do sistema romboédrico], em que a maioria dos carbonatos tem uma composição intermediária calcita – dolomita; esta contém magnésio mas não tanto quanto a pura dolomita.

A calcita sedimentar tem baixa quantidade de Mg, substituindo ao acaso o Ca, podendo chegar até de 4% de MgCO_3 (calcita com teor de magnésio baixo) ou simplesmente calcita, e, entre 10% a 18% de MgCO_3 , o mineral é chamado de calcita com alto teor de magnésio.

Stehli & Hower (1961 *apud* McLane, 1995), em estudos laboratoriais de calcita com alto teor de magnésio, encontraram um valor modal de 12,5% de Mg em carbonatos de cálcio, oriundos de cimento precipitado da água do mar e de organismos que resultaram em carapaças. Concluíram também que carbonatos intermediários dolomita – magnesita não são encontrados na Natureza.

A dolomita é constituída de alternância de camadas de CaCO_3 , e MgCO_3 em uma razão estequiométrica de 1:1, mas também a proporção dos dois cátions varia numa faixa dos dolomitos sedimentares, cujo teor é substancialmente abaixo de sua proporção estequiométrica.

A aragonita é um polimorfo da calcita que se forma em ambientes sedimentares por precipitação ou ambientes intermediários biológicos; é menos estável em ambientes diagenéticos (porosidade secundária), dissolvendo-se rapidamente ou recristalizando-se em calcita.

Os sedimentólogos acreditam que a precipitação de calcita, dolomita e aragonita revelam os ambientes físicos sob os quais os minerais se formaram e controlam suas dimensões e hábitos cristalinos. Entre estes parecem ter muita influência a salinidade total, incluindo a concentração de Na^+ , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- e CO_3^{2-} , e a razão Mg/Ca nas soluções ricas ou saturadas de carbonato.

Outros cátions além de Ca^{2+} e Mg^{2+} podem estar associados a minerais de carbonato, notadamente Fe^{2+} , Mn^{2+} e Sr^{2+} , substituindo o Ca^{2+} , dependendo do Eh (potencial de redox) das águas naturais, que varia de -0,6v a 0,6v nos dois primeiros, sendo controlado pelas relações de respiração orgânica, redução de bactérias e fotossíntese.

O Sr^{2+} ocorre principalmente em carapaças de aragonita e sua concentração é, de acordo com Odum (1957 *apud* McLane, 1995), filogeneticamente determinada,

assim como a temperatura também influencia [Smith *et al.* (1979 *apud* McLane, *op.cit.*) e Beck *et al.* (1972 *apud* McLane, *op.cit.*)].

Geralmente, as carapaças de organismos são de calcita, aragonita, opala, quitina e linhito, como apresentadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Carapaças de organismos em rochas carbonáticas (McLane, 1995).

Carapaça	Mineral	Carapaça	Mineral
Algas vermelhas	Calcita alto teor Mg	Braquiópodos	Calcita de baixo teor Mg, apatita
Algas verdes	Aragonita	Anelídeos	Aragonita, calcita
Protozoários	Aragonita, calcita, opala	Moluscos	Aragonita, calcita de baixo teor Mg, apatita
Esponjas	Calcita, opala	Artrópodos	Aragonita, calcita, apatita
Corais	Aragonita, calcita	Equinodermatas	Calcita
Briozoários	Aragonita, calcita de baixo teor Mg	Vertebrados	Aragonita, calcita

A textura das rochas carbonáticas, principalmente as de origem química, diferem daquelas nas rochas clásticas, pois sofrem, freqüentemente, dissolução/recristalização, mesmo sob condições de diagênese moderada, que altera a textura original, segundo Suguio (1980) e McLane (1995).

As estruturas, em grande parte, são semelhantes às de rochas sedimentares detríticas/clásticas, guardadas as respectivas dimensões, revelando partículas com formas bem definidas e suas estruturas internas que se depositam/precipitam em locais, especificando-os como *aloquímicos*.

Estes apresentam aspectos denominados de oóides (oólitos), pelóides (*pellets*), intraclastos, esqueletos (fragmentos de fósseis), oncóides (origem algálica ou bacteriana) e trombóides (esponjas de lama algálica).

Outros aspectos a serem abordados são lama (*mudstone*) e cimento carbonáticos (calcita e/ou aragonita) que têm dimensões de micrométricas a milimétricas, originando os micritos, lamas, esparitos, caliches, *beachrocks* e outros.

Com base nessas estruturas e composição das rochas, os cientistas modernos as alteraram e as classificam de modo mais completo, havendo grande variedade em relação a cada grupo de técnicos envolvidos nessas pesquisas.

A distribuição dos carbonatos no Planeta se concentra entre os paralelos de 30° de latitudes norte e sul, conforme apresentado na Figura 5.1.

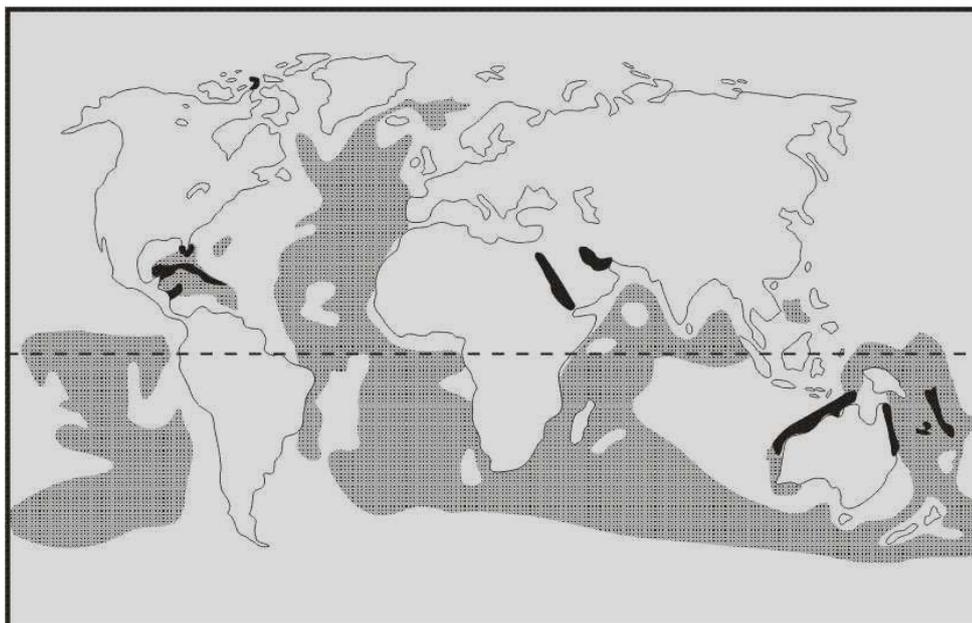


Figura 5.1 – Mapa de distribuição dos sedimentos carbonáticos modernos de origem marinha, entre os paralelos de 30° (norte e sul). Áreas em preto representam regiões rasas; pontilhada, vassas de águas profundas.

No Brasil, as rochas carbonáticas estão presentes em todas as bacias sedimentares, tanto pré-cambrianas como fanerozóicas, tendo sido estas últimas praticamente mapeadas testadas pela PETROBRÁS, com furos de sondagem.

As marginais (*off-shore*) se estendem por toda a plataforma continental brasileira, estreitando-se apenas na faixa de Paraíba e Pernambuco, onde há indícios de hidrocarbonetos nos seus pacotes sedimentares, mormente em seus taludes.

Todas as bacias do Fanerozóico acima mencionadas dispõem de rochas carbonáticas relativamente espessas, principalmente em formações do Cretáceo (Costa Roberto, 1992), nelas incluída a Formação Crato, que é o objeto desta pesquisa.

5.1 CARBONATOS DA BACIA DO ARARIPE

A Formação Crato é composta de uma associação de seis camadas de calcários laminados (C1 a C6), cinza e creme, com pseudomorfos de sal (halita), alternando com folhelhos e arenitos finos, com fósseis de peixes (geralmente restos) e insetos bem preservados. Oliveira (1998) analisou várias amostras dessas camadas, que resultaram em material com teor acima de 95% de CaCO_3 .

Estas camadas estão separadas entre si pela interdigitação dos psamitos muito finos e pelitos de origem deltáica e lacustre similares aos da Formação Rio da

C5 – é semelhante a C4, com duas subcamadas, com a base observada também no furo PS-12, as partes intermediárias, em perfis da mina Caldas e o topo no perfil do Rio Batateira, no furo PS-11 e em Nova Olinda (perfil V6); seus contatos inferior e superior, no furo PS-12, estão entre folhelhos lacustres; e

C6 – é a camada de maior extensão de todas elas, sendo a parte basal observada em todos os furos de sondagem, exceto o PS-11, e em todos os perfis realizados no campo de estudo; os contatos inferior e superior são com arenitos e folhelhos lacustres deltáicos e folhelhos lacustres da seqüência, sendo que o superior está associado a facies evaporíticas da Formação Ipubi.

Os carbonatos desta Formação Crato contribuem para a produção nacional de calcário sedimentar, mas não oriundo especificamente do seu uso como pedra de cantaria ou rocha ornamental, aspecto econômico, envolvendo este trabalho, e cujos valores têm expressão ainda relativamente pequena no contexto geral da produção estadual, o que pode ser comprovado nos dados de CODECE (1997), configurados na Tabela a seguir.

Tabela 5.2 - Consumo aparente de calcário laminado em placas, no Estado do Ceará.

Ano ¹	Produção total (m ²)	Exportações (m ²)	Consumo interno ² (m ²)	Total de máquinas operando ³ (un)
1990	138.000	13.800	124.200	-
1991	141.000	17.625	123.375	-
1992	162.000	24.300	137.700	-
1993	164.000	29.520	134.480	19
1994	174.000	34.800	139.200	20
1995	195.000	48.750	146.250	22
1996	208.942	52.235	156.707	23
1997	223.881	55.970	167.911	24
1998	239.888	59.972	179.916	25

FONTE: CODECE – Setor de Economia e Estatística

¹ Produções projetadas a partir de 1996.

² Consumo obtido de informações de empresários e fiscais de postos da SEFAZ.

³ Número de máquinas projetado a partir de 1997

As pedreiras de calcário laminado, beneficiado em ladrilhos para revestimento de pisos e paredes (pedra de cantaria ou rocha ornamental), estão localizadas nos Municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri, na região central da Chapada do Araripe.

Formam-se plataformas intermediárias na sua encosta ou vertente, entre os cursos d'água (riachos, na sua maioria) de extensão variada e a escarpa da serra propriamente dita, dentro da unidade litoestratigráfica denominada Formação Crato do Grupo Santana, segundo Neumann (1999).

A par do aspecto geomorfológico e topográfico, as pedreiras estão situadas entre as cotas de 500m e 525m, aferidas por medições com GPS e confirmadas em carta topográfica, e, normalmente, concentram-se perto de estradas, pela maior facilidade de escoamento de produção.

5.1.1 Especificações do calcário laminado

São diversos os modelos elaborados para identificação das fácies carbonáticas. Para este trabalho, foram usadas como referências as fácies e subfácies definidas por Neumann (1999).

Dentro das litofácies carbonáticas, foram descritas informalmente duas unidades principais.

Litofácies D1 – ritmito argila-carbonato laminado, com alternância de lâminas claras e de tonalidade creme e camadas de coloração escuro-cinza, ricas em matéria orgânica e argila (Fotos 5.1 e 5.2). As camadas/lentes de argila ocorrem com espessura de 0,2cm a 2,5cm.



Foto 5.1 – Litofácies D1 – Ritmito argila-carbonato e microfalha normal na Sm1.

Litofácies D2 – calcário laminado de coloração creme, com presença de fósseis (animais e vegetais), observando-se pequenas cavernas (Fotos 5.3 e 5.4) de 3cm a 20cm de diâmetro em algumas porções e fraturas com ou sem recristalização de calcita.

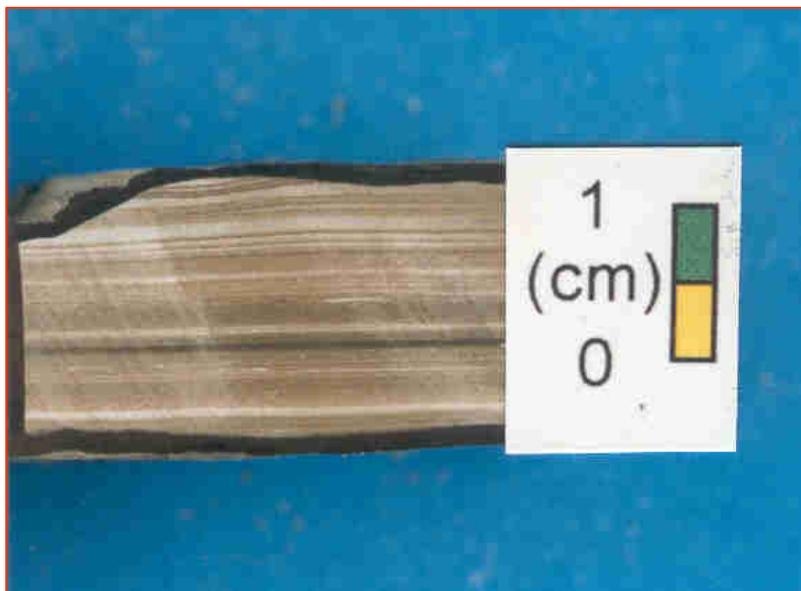


Foto 5.2 – Litofácies D1, submicrofácies Sm1 – ritmo argila-carbonato.

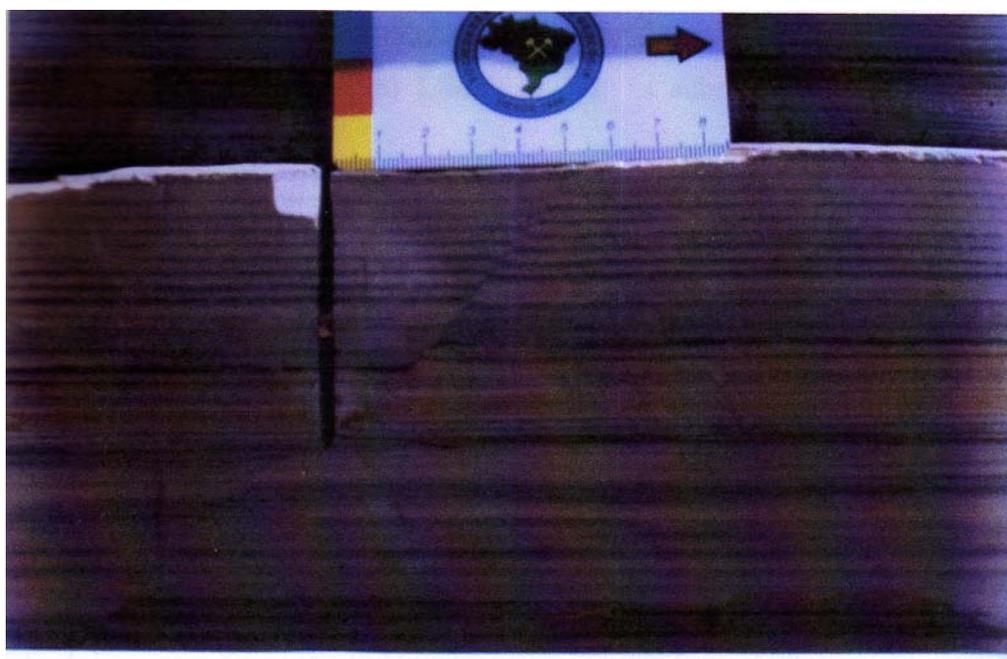


Foto 5.3 – Calcário laminado com alternâncias de bandas claras e escuras (litofácies D2, Sm5).

A partir das litofácies, foram identificadas também submicrofácies a) na litofácies D1, uma submicrofácies de ritmito argila-carbonato (Sm1), e b) na litofácies D2, quatro submicrofácies calcárias (Sm2 a Sm5), descritas por Neumann (1999).

- Sm1 – ritmito argila-carbonato (Fotos 5.1 e 5.2); lâminas centimétricas, caráter de planar a plano-ondulada, constituídas de calcita micrítica, apresentando coloração bege; lâminas argilosas são cinza-escuro e compostas de argila e óxido de ferro; ocorrem pequenas concreções carbonáticas deformadas, contendo cristais de pirita framboidal; encontra-se nas bases das camadas C3 e C6;



Foto 5.4 – Caverna decimétrica em calcário laminado de coloração creme (litofácies D2, Sm2).

- Sm2 – calcário laminado; lâminas centimétricas de caráter planar e plano-ondulada; ocorrem estruturas tipo *loop bedding*, as quais estão associadas a falhas normais; podem estar cortadas por falhas normais com rejeito centimétricos a milimétricos (Fotos 5.5, 5.6 e 5.7); são observadas em todas as camadas carbonáticas;

- Sm3 – calcário laminado; lâminas com pelóides de calcisferas (diâmetro entre $20\mu\text{m}$ e $55\mu\text{m}$) e calcita esparítica; tamanhos de $1\text{mm} \times 2\text{mm}$, orientando-se segundo a laminação; encontradas na base das camadas C2 e C3;



Foto 5.5 – Microfalha normal com arranjo em dominó de rejeito milimétrico, Sm2.

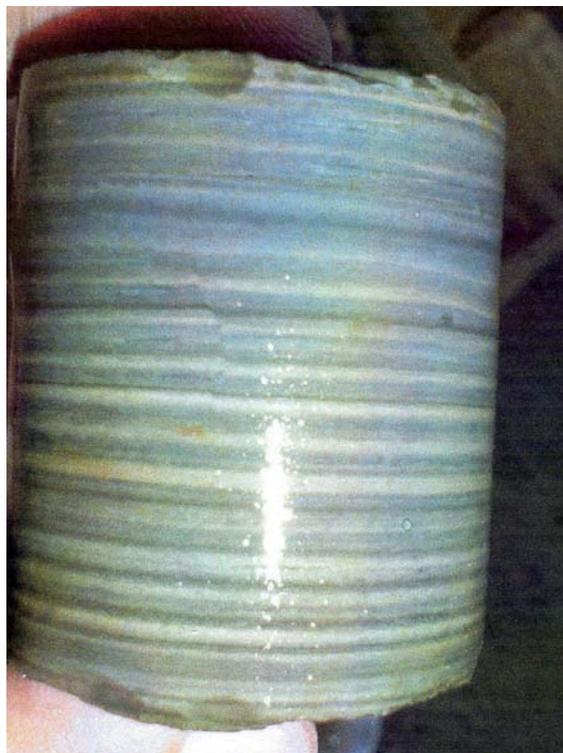


Foto 5.6 – Microfalha normal de rejeito milimétrico, Sm2.



Foto 5.7 – Microfalha normal de rejeito milimétrico, Sm2.



Foto 5.8 – Estrutura do tipo *microslump*, na Sm4.

- Sm4 – calcário laminado; lâminas centimétricas; caráter planar a plano-ondulada; ocorrem estruturas tipo *microslump* (Foto 5.8); e
- Sm5 – calcário laminado; ocorrem lâminas paralelas e plano-paralelas; alternam-se de dois tipos: tom bege de calcita micrítica e marrom, também de calcita micrítica de granulometria mais fina que a bege; ocorrem ainda nódulos carbonáticos de origem diagenética (diâmetro de 80cm), que apresentam laminação deformada em seu interior; peixes fósseis (*Dastilbe elongatus* – Foto 5.9), vegetais e insetos, com associação de pseudomorfos de sal, cortando e deformando a laminação.

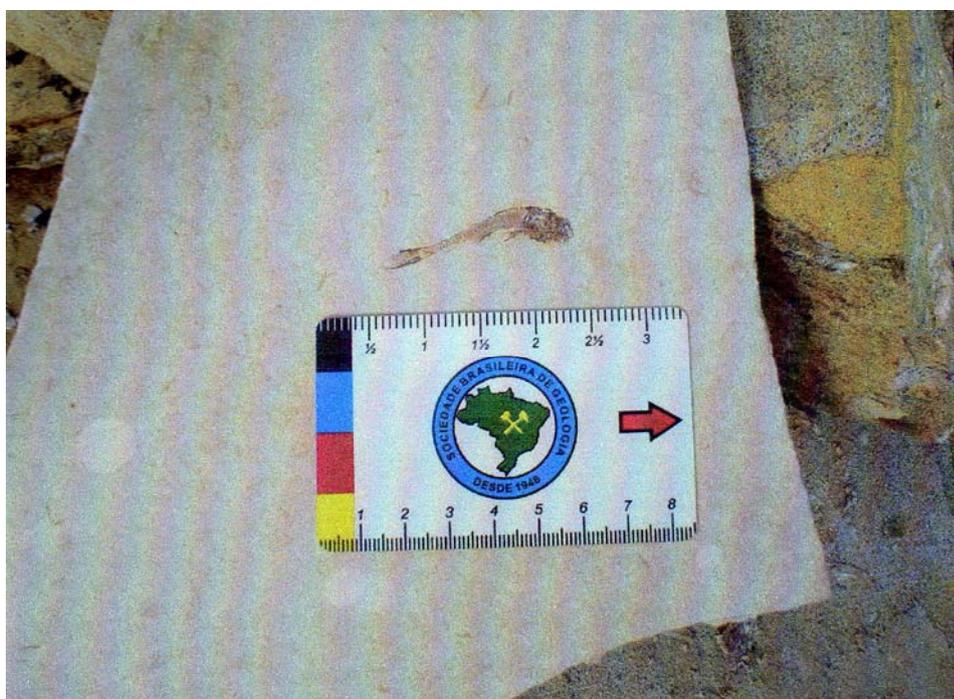


Foto 5.9 – Calcário laminado de cor creme com fóssil de *Dastilbe elongatus* (cerca de 5cm), na submicrofácies Sm5.

Algumas amostras coletadas tiveram lâminas petrográficas preparadas para estudos e são apresentadas com exposição das principais feições.

Calcário laminado de matriz micrítica (*mudstone*), com alternância de lâminas claras e escuras com respectivas possanças de 3mm e 1mm, com fraturas com e sem preenchimento de calcita (Fotos 5.10 e 5.11). Pirita framboidal está presente.

Calcário laminado de matriz micrítica (*mudstone*), com alternância de lâminas claras e escuras com respectivas espessuras de 3mm e 1mm, com fraturas sem preenchimento e algumas preenchidas de calcita (Foto 5.12). Presença de pirita framboidal (Foto 5.13).

Calcário laminado de matriz micrítica (*mudstone*), com alternância de lâminas claras e escuras com respectivas espessuras de 3mm e 1mm, com ondulações (Foto 5.14), com fraturas sem preenchimento e algumas preenchidas de calcita ou óxido de ferro (Foto 5.15). Presença de pirita framboidal e indícios de oxidação.

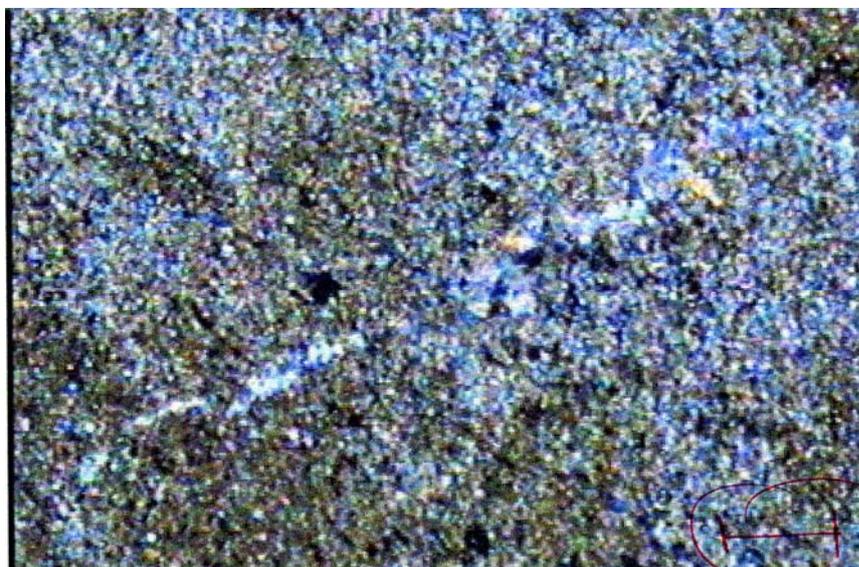


Foto 5.10 – Fotomicrografia de fratura preenchida de calcita inserida na submicrofácies Sm2 (aumento de 2x com nicóis cruzados).

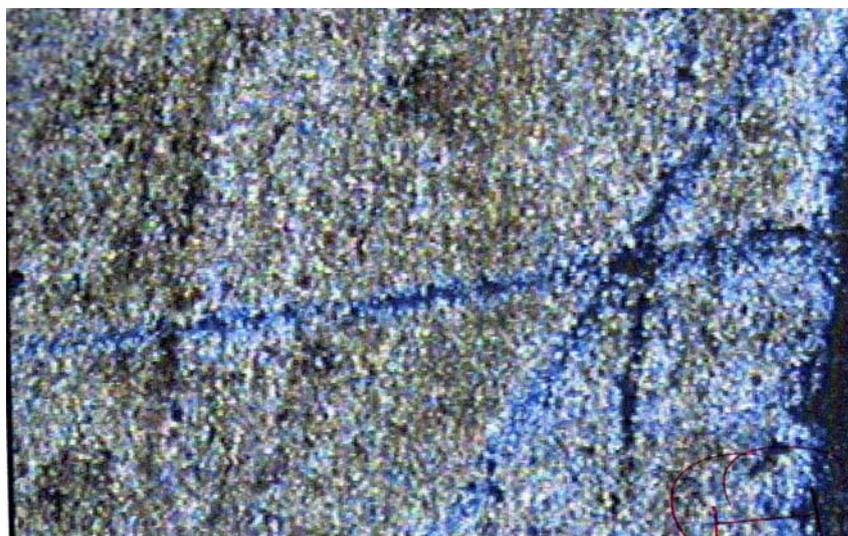


Foto 5.11 – Fotomicrografia de sistema de fraturas sem preenchimento da submicrofácies Sm2 (aumento de 2x com nicóis cruzados ou luz ortoscópica – idêntica a da Foto 5.10).

Calcário laminado de matriz micrítica (*mudstone*), com alternância de lâminas claras e escuras com respectivas espessuras de 3mm e 1mm, com fraturas sem preenchimento e algumas preenchidas de calcita (Foto 5.12). Presença de pirita framboidal (Foto 5.13).

Calcário laminado de matriz micrítica (*mudstone*), com alternância de lâminas claras e escuras com respectivas espessuras de 3mm e 1mm, com ondulações (Foto 5.14), com fraturas sem preenchimento e algumas preenchidas de calcita ou óxido de ferro (Foto 5.15). Presença de pirita framboidal e indícios de oxidação.

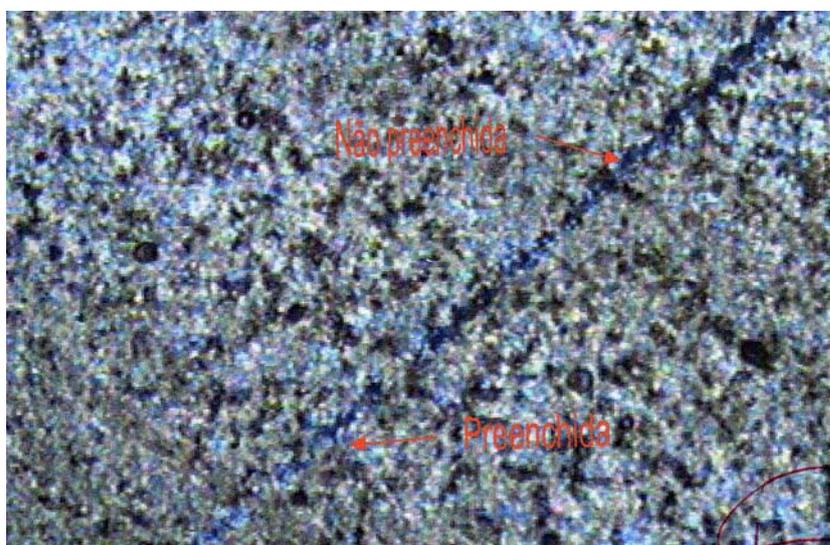


Foto 5.12 – Fotomicrografia de fratura preenchida de calcita na submicrofácies Sm2 (aumento de 2x com nicóis cruzados).

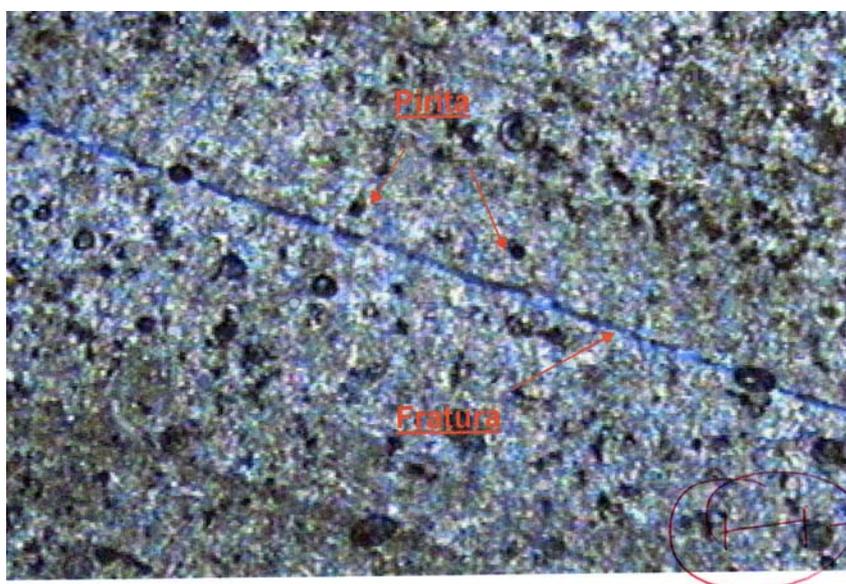


Foto 5.13 – Fotomicrografia de pirita framboidal e fratura de calcita na submicrofácies Sm2 (aumento de 2x c/ luz ortoscópica).

No estudo dos carbonatos, com o objetivo de exploração de hidrocarbonetos, faz-se necessária a relevância de aspectos estruturais e diagenéticos. No caso da unidade carbonática estudada neste trabalho, algumas feições são importantes para o seu uso como possível análogo de reservatório. Em se sabendo que os

carbonatos não possuem permeabilidade contínua, ou seja, é diferente dos arenitos, assim seus poros não estão ligados uns aos outros com passagem livre.

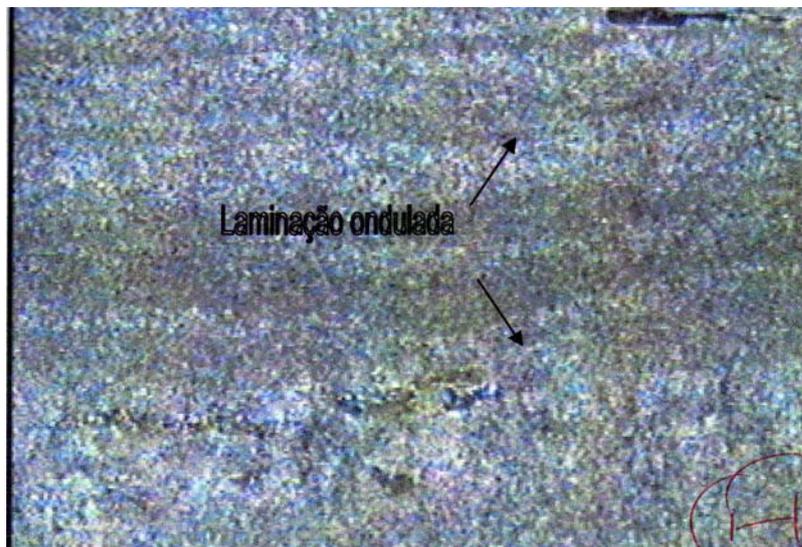


Foto 5.14 – Fotomicrografia de fratura preenchida de calcita na submicrofácies Sm2 (aumento de 2x com nicóis cruzados).

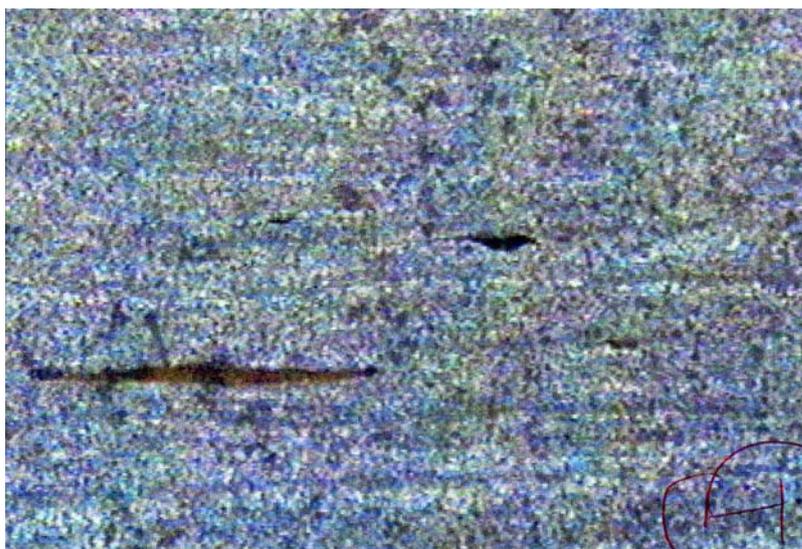


Foto 5.15 – Fotomicrografia de pirita framboidal e fratura de calcita na submicrofácies Sm2 (aumento de 2x c/ luz ortoscópica).

Para as rochas carbonáticas, tem-se a permeabilidade *vugular*, a qual é constituída de pequenas cavernas construídas a partir da dissolução do carbonato, podendo haver ligação entre as cavernas através de fraturas não preenchidas.

Na unidade carbonática C6, observa-se, em análises petrográficas e descrição de afloramentos, que há fraturas preenchidas de calcita ou óxido de ferro e outras sem preenchimento. Em alguns cortes de afloramentos, fraturas sem preenchimento estão conectadas a cavernas decimétricas, o que seria um bom indicio para esta Formação.

5.2 A EXPLOTAÇÃO DOS CARBONATOS

Os trabalhos mineiros são semi-mecanizados, utilizando, na maioria das pedreiras, máquinas de corte, como na Foto 5.16, e complementos tais como alavancas, pás, picaretas, enxadecos, pixotes e carros-de-mão para desagregação tanto do estéril (material do capeamento não aproveitável) como do entulho (fragmentos de rocha), para a limpeza das frentes de trabalho, e, com estrados de madeira, para transportar os blocos de calcário para o estoque, de onde são levados para as serrarias, dentro ou fora das áreas das pedreiras.

Existe uma máquina um pouco mais aprimorada, apresentada na Foto 5.16b, como se pode observar na Foto 5.17, conseqüência da evolução dos trabalhos.



a) Tipo primitivo de máquina de corte (até 1995)



b) Tipo atual de máquina de corte

Foto 5.16 – Máquina de corte utilizada nos trabalhos semi-mecanizados de lavra dos calcários laminados: a) tipo primitivo usado até 1995 e b) tipo empregado em seguida e atualmente; ambos foram instrumentos que o minerador Antônio Felipe, de Tatajuba, utilizou, como pioneiro em mecanização dos trabalhos mineiros na região (Oliveira, 1998).



Foto 5.17 – Máquina de corte atualmente ativa em pedreira de Cantagalo, Santana do Cariri, afloramento 5, muito semelhante a da Foto anterior – 5.16b (do autor).

Os carbonatos são predominantes na seqüência e revelam, além das laminações mais ou menos uniformes, outras planares, ondulações planoparalelas, plano-onduladas e raramente bioturbação, além dos nódulos – estruturas diagenéticas.

O poço 2-AP-1-CE perfurou mais ou menos 40m de calcário, testando a depressão da Sub-bacia de Feitoria, diante do que se conclui encontrar-se a região pesquisada em bloco(s) elevado(s) do *Horst* de Dom Leme.

Juntas são freqüentes, cruzando-se em direções paralelas aos sistemas estruturais da Bacia e se expondo em toda a extensão das pedreiras. Algumas dessas fraturas são fechadas (Foto 5.18), tendo pequena alteração promovida pela água de percolação, e outras são mais abertas (Foto 5.19), preenchidas de material decomposto da superfície, carregado nas águas de infiltração. As abertas são decorrentes também de dissolução de carbonato, no processo de carstificação, formando cavidade de até 5m de altura por 8m a 9m de largura.

Em complemento às descrições macro e mesoscópicas, ensaios físicos são importantes para a verificação de condições em uso apropriado.

Os ensaios realizados revelaram resultados (Tabela 5.3) compatíveis e aceitos para rochas carbonatadas e, em alguns casos (porosidade, absorção d'água, impacto de corpo duro, resistência à flexão e resistência à compressão) com melhores valores, exceto o de desgaste por abrasão (teste de Amsler), com índices maiores que os de rochas similares (travertino), inadequados para pisos sujeitos à intensa movimentação, em que não seria recomendável seu emprego.



Foto 5.18 – Fraturas fechadas com pouca penetração de água e material superficial (do autor).



Foto 5.19 – Fraturas abertas, preenchidas por material decomposto (do autor).

Praticamente, toda a produção vem do lado norte da Chapada, mais especificamente do Cariri Central, onde foram realizados os trabalhos de pesquisa deste projeto. Os mineradores de Nova Olinda e de Santana do Cariri respondem por 80% (oitenta por cento). Outros do Ceará, nas cidades de Crato, Barbalha e Missão Velha, e de Pernambuco, produzem os 20% (vinte por cento) restantes.

Tabela 5.3 – Resultados de ensaios tecnológicos de amostras de calcário laminado na área de Nova Olinda e Santana do Cariri, segundo CODECE (1997 *apud* Oliveira, 1998)

Tipo de ensaio	Norma ABNT	Nº de amostras	Dimensões médias (mm)	Valores médios	
				Quant.	Unid.
Resistência à flexão ⁽¹⁾	12.763	05	199,3x101,5x52,3	16,400	Mpa
Impacto corpo duro ⁽²⁾ - fissuras	12.764	04	200,0x200,0x30,0	58,800	cm
Impacto corpo duro ⁽³⁾ - rupturas	12.764	04	200,0x200,0x30,0	63,800	cm
Massa espec. aparente saturada	12.766	10	-	2,418	kg/m ³
Massa específica aparente seca	12.766	10	-	2,412	kg/m ³
Porosidade	12.766	10	-	0,600	%
Absorção de água	12.766	10	-	0,250	%
Resist. compressão uniaxial	12.767	05	5.573mm ² ⁽⁴⁾	20,900	Mpa
Desg. p/abrasão (percurso 500m)	3.379	02	70,96x71,73x30,9	4,000	mm
Desg. p/abrasão (perc. 1.000m)	3.379	02	70,96x71,73x30,9	8,333	mm

⁽¹⁾ - Carga de ruptura variando de 13,73KN a 21,13KN.

⁽²⁾ - Altura de queda variando de 55cm a 70cm.

⁽³⁾ - Altura de queda variando de 55cm a 75cm.

⁽⁴⁾ - Seções transversais variando de 5.395mm² a 5.723mm² e cargas de ruptura, de 100,03KN a 138,27KN.

Nota: Exceto os testes de desgaste (Amsler), realizados no IPT/SP, todos os demais foram no NUTEC.

Os produtos oriundos da extração do calcário laminado, na sua maioria, são usados para pisos e revestimentos em obras de Engenharia Civil pouco sofisticadas (Foto 5.20). Produtos com dimensões diferentes dos padrões normais e regularmente preparados são objetos de encomendas específicas por parte do comprador e/ou consumidor (Foto 5.21).

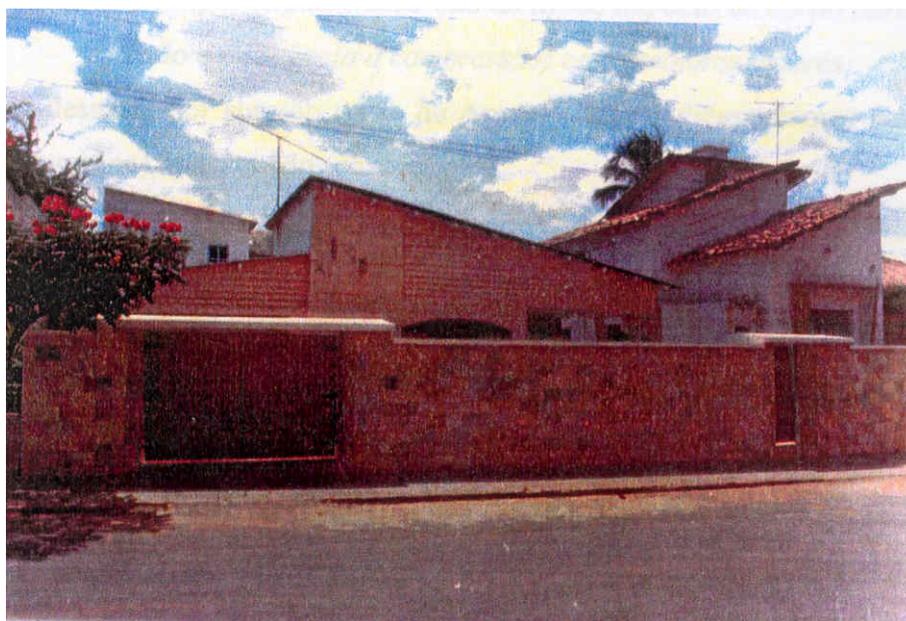


Foto 5.20 – Residência com ladrilhos composto a frente e o muro da casa em Crato (Oliveira, 1998).



Foto 5.21 – Lajes irregulares, com tamanhos diferentes do padrão, são retiradas mediante pedidos e encomendas específicos dos compradores/ consumidores (Oliveira, 1998).

A menor parte, como material mais resistente a quebras (tenaz), é empregada na laboração de tampos de mesa, assentos de bancos, cantoneiras e suportes, prateleiras de estantes, artesanato (cinzeiros, figuras de animais etc.) e até “tacos” para pisos e mesas (como tampas). Vide Foto 5.22.



Foto 5.22 – Mesa redonda e suporte de material resistente, bancos e ainda o caminho (trilha) para veículo em uma residência no Crato (Oliveira, 1998).

Ainda de acordo com o relatório da CODECE, os preços de venda nos mercados consumidores, no Ceará, variavam de US\$ 3.00 (três dólares americanos) a US\$ 4.00 (quatro dólares americanos) o metro quadrado (m²) em placas com espessura máxima de 2cm, nas cidades de Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha e principalmente Fortaleza, e respondem por 70% (setenta por cento) da produção do Cariri.

O restante destina-se aos mercados exportadores, fora do Estado, como Pernambuco, Piauí, Maranhão, Bahia e Minas Gerais.

Levantamento mais recente, entretanto, revela maiores valores (cerca de R\$ 10,00/m², em Fortaleza), conforme dados no capítulo de análises econômicas.

Pouco ou quase nada se faz com o rejeito mineral que é de boa a ótima qualidade, pureza quase completa, porque muitos sedimentos retirados das minas (argilas, siltes e areias) estão misturados ao calcário. Somente a indústria de cimento é que está se utilizando desse material e com enormes vantagens.

5.3 APROVEITAMENTO DO CALCÁRIO LAMINADO

Por ser um material de alta pureza, sua aplicação nas indústrias é de grande utilidade, mas não tem todo o seu potencial explorado pelos beneficiadores de carbonatos no Brasil.

Atualmente, o seu uso, conforme dados do DNPM, é praticamente no domínio das cales, sendo que se depreende que ainda há dois modos no seu aproveitamento:

- *in natura* ou material cru (*raw* ou *earth material*) e
- por transformação do mineral-minério, respondendo pelo maior volume na produção de cales virgem e hidratada.

De modo geral, os carbonatos mais usados nos grupos indústria, construção civil e agricultura se resumem naqueles constituídos essencialmente de cálcio e magnésio, com pouco (< 1%, no caso desta pesquisa) ou nenhum teor de outros componentes.

Potencialmente, a região pode produzir de modo a atender demandas, desde que apresentem custos compatíveis para as aplicações da Tabela 5.4 e que haja investimento para aprimoramento na fabricação dos produtos desejados.

5.3.1 Material cru

O principal uso é como cales virgem e hidratada. Segundo Limaverde *et al.* (1987), a produção desse material cru, em 1983, foi a seguinte:

- a) cal virgem 52,0%;
- b) cal hidratada 19,9%;
- c) pó de calcário 17,7% e
- d) diversos 10,4%,

distribuídos nos produtos menos procurados, como

- 1) brita de calcário;
- 2) granulado ou pedrisco de calcário;
- 3) calcário moído ou “micronizado” para a indústria;
- 4) lajes calcárias para pisos e revestimentos e
- 5) calcário e dolomito para placas de mármore.

As principais aplicações estão relacionadas na Tabela 5.4, compilada de Limaverde *et al.* (1987).

Tabela 5.4 – Aplicações *in natura* de calcário, dolomito e seus derivados

Tipos básicos de uso de carbonatos cru ou <i>in natura</i>			
Pó calcário	Calcário moído ou “micronizado”	Brita/Pedrisco	Lajes/Mármore
Calagem de solos - solos ácidos - solos florestais	Abrasivos/polimento Alvenaria Estabilização de solos Pavimentação rural Sabões Vernizes p/tijolos	Asfalto (sic) Engenharia rodoviária Pedregulho Pedrisco fino Pedrisco grosso	Cerâmica Decoração Lápides Monumentos Pedras ornamentais

Segundo Oliveira (1998), desses oito tipos básicos de uso, praticamente seis deles estão sendo aproveitados como material cru, em que o pó calcário para calagem de solos ácidos agricultáveis e florestais é responsável por cerca de 2/3. Os demais (brita, pedrisco, lajes, mármore e calcário moído) com apenas 1/3.

Na área do projeto e em toda a extensão de afloramentos de calcário da Chapada do Araripe, normalmente, não há atividades para a produção destes tipos de material.

5.3.2 Transformação dos carbonatos

Exceto o cimento, os produtos oriundos da transformação de calcários, dolomitos e assemelhados são as cais virgem e hidratada, como os mais usados.

Atualmente, tal panorama pode estar idêntico ou mesmo aumentado, em decorrência de ampliação de usinas de siderurgia (aço, alumínio, laminados etc,) instaladas no Maranhão, em Pernambuco, na Bahia e no Ceará (projeto em andamento).

A diversidade de aplicações desses tipos básicos está condensada no Quadro 5.3.

Processos químicos e físico-químicos	Setores de consumo de cales virgem e hidratada	
ABSORÇÃO	Armazenamento de frutas Branqueamento Remoção de $\text{SO}_2 + \text{SO}_3$	Processo de Sulfito (fabricação de papel)
AGLOMERAÇÃO	Argamassa de assentamento Estuques Materiais isolantes Misturas alfésticas Misturas de solo-cal	Pelotização de minério de ferro Produtos com silicato cálcico Reboco e Emboço Tijolo de sílico-cálcio
CAUSTIFICAÇÃO	Lavagens alcalinas Recuperação de soda cáustica	Processo de sulfato e soda (fabricação de papel)
DESIDRATAÇÃO	Álcool Borracha	Secagem de ar (desumidificação) Solventes orgânicos
FLOCULAÇÃO	Açúcar Flotação de minérios Pigmentos para tintas	Tratamento de águas (potabilidade) Tratamento de águas residuais Tratamento de esgotos
FLUXO	Forno de aço elétrico Fornos de aço LD Fornos de aço Martin-Siemens	Metais não ferrosos Sinterização
HIDROLIZAÇÃO	Compostos derivados de couro Curtume	Graxa lubrificante Produtos de celulose
LUBRIFICAÇÃO	Fluido de perfuração (sondagem)	Trefilação de arames
MATÉRIA-PRIMA	Abrasivos Álcalis Alimentos Borracha Carbureto de cálcio	Cianamida cálcica Concreto Inseticidas Indústria de vidros Indústria de tintas
NEUTRALIZAÇÃO	Ácido cítrico Calagem de solos Drenagem de águas de minas Fertilizantes Laticínios Resíduos de Corantes	Resíduos de cromo Resíduos de decapagem de metais Resíduos de explosivos Resíduos de urânio Resíduos radioativos Tratamento de águas
SOLUÇÃO	Couro (despelador) Gelatinas	Papelão Tintas à base de caseína

Quadro 5.2 - Relação dos processos industriais em que os carbonatos são agentes (condensado de PASSOS GUIMARÃES, 1985).

A modo de informação, Limaverde *et al.* (1987) relacionaram em uma tabela (nº 7.1 do seu trabalho) quase meia centena de usos de carbonatos transformados e *in natura*, os quais estão citados no Quadro 5.4 deste projeto, alguns deles (pouco mais de duas dezenas) podendo ser objeto de prioridade para investimentos na região ou adjacências.

Uso em	Propriedades de carbonatos							Observações
	Químicas						Físicas	
	Ind.	Ca	Mg	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Outro	Peneiras	
Ácido acético (ind.)		alto						
Açúcar (refinação)		>96%	<4%	<1%	<0,5%			
Álcool/fenol (ind.)		puro						
Cal virgem/hidratada ⁽¹⁾								
Cimento portland ⁽¹⁾			≤6,5%			⁽²⁾		
Concreto asfáltico							80%-P 200	
Desinfetantes							100%-<P 20 97%-<P 100	
Esgoto/água residual (trat.)		alto						
Graxa		alto	<1,5%	<1%	<0,5%		98%-P 200 95%-P 325	
Inerte de fertilizante	puro						< P 8 >P 20	
Inseticidas/fungicidas (fab.)	puro				baixo			Composição uniforme
Lastro de ferrovias	puro							Alta dureza
Pavimentação rodoviária		>95%						
Pedrisco fino							Dia. <3mm	
Pó calcário (agricultura)							100%-<P 10	
Ração para gado		>95%	baixo		baixo		100%-P 200	
Sabões (ind.)		alto						
Textil (ind.)		alto	<3%	<2%	<2,5%			
Verniz de tijolo							Muito fino	
Vidro (ind.)	>98%				<0,05%	⁽³⁾		

⁽¹⁾ Valores expressos em óxidos;
⁽²⁾ SO₃ ≤4% e CO₂ ≤5%;
⁽³⁾ S e P baixos e mínimo de C.
⁽⁴⁾ Face a multiplicidade de aplicações com valores característicos, cada caso deve ser objeto de consulta ao mercado consumidor (V. Quadro 6.7).

Quadro 5.3 – Tipos básicos de carbonatos aplicáveis na região do Cariri, em face das propriedades físicas e químicas do calcário laminado da Formação Crato (dados extraídos das especificações da Tabela 7.1 de LIMAVERDE *et al.*, 1987).

6 ANÁLISES ESTRUTURAIS

O desenvolvimento científico e tecnológico do Mundo experimenta grande avanço, em progressão geométrica, hoje muito maior que nos meados do século passado, em todas as áreas do saber humano.

As fissuras ou fraturas e falhas em rochas de qualquer idade, de igual modo, trazem preocupação, uma vez que provocam desarranjos nos trabalhos operados em suas unidades litológicas. Elas nunca foram objeto de apreensão e cuidado porque os prejuízos e/ou redução de lucros nas operações industriais/comerciais não haviam sido até então notados.

A partir das duas últimas décadas do século XX, ou seja, nos últimos 25 anos de vida acadêmico-profissional, estudos em fissuras são realizados com objetivo de minimizar fracassos, perdas, prejuízos etc., mormente em atividades mineiras que exigem pouca ou nenhuma falha de constituição.

Era o que acontecia nos trabalhos científicos em rochas de qualquer categoria – magmática, metamórfica ou sedimentar – no que se refere às falhas, fraturas e estruturas assemelhadas, principalmente em operações mineiras, quer a céu aberto, em galerias ou poços profundos.

Assim se expressa Ortega-Perez (2002) em sua tese (*dissertation*) de doutorado (PhD) na Universidade do Texas, em Austin:

As técnicas de medição de fraturas e/ou aberturas em rochas oferecem uma oportunidade impar de resolver problemas da amostragem delas em subsuperfície desde sub-milimétricas até aquelas importantes em aplicação econômica.

Embora a extrapolação das distribuições de comprimento e abertura de fraturas ao longo de espaços de observação seja cheia de erros potenciais ou sistemáticos, a aferição de suas aberturas ou espessuras cinemáticas ao longo de linhas de observação (scanlines), usando novos métodos de trabalho em medições produzem consistentes

resultados na interpretação de suas distribuições desde escalas micrométricas (subsuperfície) às de afloramentos.

Amostragem em uma só dimensão não permite observar as conexões de saídas entre fraturas inerentes aos métodos tradicionais de medição em duas dimensões.

Uma outra maneira de interpretar as propriedades de fraturas em subsuperfície é a análise das relações entre atitudes de fraturas e parâmetros geológicos do volume de rocha que governa o fraturamento. O conteúdo de cimento tem apenas modesto controle na intensidade de fraturamento dessas rochas, sendo que a espessura da camada tem ainda menor controle contrariando trabalhos de muitos cientistas que dizem o contrário.

Efeitos em equipamentos de amostragem e traços mecânicos podem diagnosticá-las e quantificá-las e a extrapolação das intensidades das leis de forças das fraturas na variação máxima delas torna-se exeqüível.

Diz ele ainda que

Fraturas são talvez as estruturas mais comuns em rochas, de escala microscópica a escala planetária, pois introduzem mudanças de várias propriedades dos materiais naturais, como dilatação mecânica, condutividade hidráulica, velocidade de ondas elásticas e reações químicas.

Esforço de pesquisa de valores focalizou sistemas de fraturas de modo adequado, prevendo suas características e avaliando seus efeitos nas propriedades físicas e químicas das rochas.

Em compreendendo que tais sistemas aceleraram a conscientização dos efeitos das fraturas de rochas nas atividades relacionadas com o Homem aumenta e como o progresso é realizado com a coleta de dados e desenvolvimento de métodos tanto analíticos como numéricos para o seu entendimento.

Estudos integrados e multidisciplinares resultaram em descobertas da compreensão das propriedades fundamentais de sistemas de fraturas.

Contudo, múltiplos aspectos de caracterização e modelagem de fratura natural estão ainda em seus primórdios.

A descrição de um sistema de fraturas requer seus dados específicos, como orientação, espessura, quantidade, conexões, distribuição espacial e preenchimento delas.

Este conjunto de aspectos a serem detectados num sistema de fraturas é o que Ortega-Perez (2002) chama de *SCANLINE* (linha de captação ou observação), o que foi realizado na pedreira do Idemar para interpretar o comportamento das fraturas nesse caso específico, descrito mais adiante. Tal tratamento deve ser efetuado em cada uma das pedreiras visitadas ou não para orientar o trabalho de corte das lajes.

Em resumo, a *Linha de captação*, como conceituada acima, é um método ou uma técnica em que todos os valores da direção, aberturas e demais elementos existentes em um ou mais sistemas de fraturas devem ser obtidos para uma análise bem apurada do afloramento. Assim, define-se que direção ou direções preferenciais têm as famílias de fraturas para orientar os trabalhos que são realizados em função delas.

Deste modo, cada local onde é aplicada a linha de captação é específico, não servindo para quaisquer outros adjacentes, pois o sistema não funcionaria.

A caracterização de sistemas de fraturas superficiais é um desafio em face das limitações da exposição da rocha fraturada, da pobre compreensão das atitudes mensuráveis relevantes das fraturas e da falta de equipamentos adequados de medição.

Outra limitação significativa da descrição de sistema de fraturas superficial é o fato de que só se observam as partes externas de afloramentos e se ignora a maior parte que ocorre em profundidade (3D).

A caracterização das fraturas de rochas em subsuperfície é mesmo mais difícil em razão do limite de fraturas expostas em escala ideal e importante para a maioria das aplicações práticas.

Equipamentos de exploração remota disponíveis são ainda muito poucos no espectro de resolução e na extensão em profundidade e lateral da investigação (p.ex. equipamentos sísmicos e perfis de poços).

Algum progresso está havendo nessas ferramentas para detectar e avaliar propriedades-chave de sistemas de fraturas (e.g., orientação de fraturas), mas ainda faltam ferramentas para obter informação da distribuição do tamanho de fraturas,

seu preenchimento e comunicação e, o mais importante, carência de dados para calibrar estas medições indiretas.

Métodos mecânicos de fraturas, inclusive analíticos, laboratoriais e de modelos, oferecem ensejo de entender como as fraturas se formam, propagam-se e interagem, tanto quanto provêm em como saber a propensão do fraturamento como condições de carga durante a evolução dos materiais geológicos.

Modelos numéricos de computação têm sido produzidos com sucesso na obtenção dos padrões reais de fraturas e algumas propriedades espaciais de sistemas de fraturas. Até o momento, contudo, modelos mecânicos de numerar fraturas têm dificuldades de desenvolver modelos de propagação de fraturas em larga variação de escalas ao mesmo tempo. Assim, não se pode anexar a existência observada de fraturas desde microscópio ao universo.

Um método usado para reunir as variações de escalas cobertas por fraturas naturais para a descrição estatística e previsão da extensão de fraturas é o de MEDIÇÃO (*SCALING*). Seu objetivo é descrever e entender as relações de eventos ou feições (p.ex. fraturas) em diferentes escalas de amostragem.

Um dos propósitos da pesquisa em *medição* de objetos naturais é predizer ou prever ou interpretar as propriedades desses objetos em uma escala não disponível ou difícil de amostrar.

A *medição* de fraturas é tópico de pesquisa ativa durante um quarto de século e os resultados desse esforço estão sendo usados em algumas aplicações práticas, inclusive em exploração e gestão de água e de hidrocarbonetos, resíduos sólidos, avaliação e gestão de recursos minerais e em projetos de Engenharia Civil.

A maioria dos estudos de *scanlines* de fraturas abertas sugere que a distribuição das espessuras das fraturas segue a *medição* da *lei-de-forças* (*power-law*). Alguns estudiosos, no entanto, concluíram que a *lei-de-forças* muda de acordo com as escalas de observação, como se expressam Nicol *et al.*, 1996, Marrett, 1996, Ackermann & Schlische, 1997, Ortega & Marrett, 2000, Borgos *et al.*, 2000 (*apud* Ortega-Perez, 2002), Gale, 2002 (*apud* Ortega-Perez, 2002), Laubach, 2003 (*apud* Ortega-Perez, 2002), Gale *et al.*, 2004 (*apud* Ortega-Perez, 2002).

Nesse período citado, de intensa pesquisa de interpretação das fraturas, estudos foram realizados abordando aspectos específicos.

- 1) Vários trabalhos usando dados de juntas em exposições de superfície:

Baecher *et al.*, 1977;

Priest & Hudson, 1981;

Segall & Pollard, 1983;

Rouleau & Gale, 1985;

Castaing *et al.*, 1996;

Odling, 1997 e 1999;

Gillespie *et al.*, 2001;

Lander *et al.*, 2002 e

inúmeras publicações acerca de padrões de juntas de dimensões fragmentadas utilizando método de contagem em “sólidos” (*Box-counting*);

2) uns poucos observaram veios

McCaffrey *et al.*, 1994;

Sanderson *et al.*, 1994;

Clark *et al.*, 1995;

Gross & Engelder, 1995;

Vermilye & Scholtz, 1995;

Johnston & McCaffrey, 1996;

Marrett, 1997;

Marrett *et al.*, 1999;

Ortega & Marrett, 2000;

Gillespie *et al.*, 2001;

Gale *et al.*, (2005 *apud* Ortega-Perez, 2002);

3) e importante número sem especificação do tipo de fratura estudado:

Baecher & Lanney, 1978;

Gross & Engelder, 1995;

Gudmundson, 1987;

Barton & Hsieh, 1989;

Barton & Zoback, 1990;

Hatton *et al.*, 1993;

Belfield & Sovich, 1995; e

Belfield, 1998;

Lander & Walderhaug, 1999;

Rijken *et al.*, 2002.

A maioria dos processos de preenchimento de fraturas nos estudos de *medição* de fraturas enfatiza as propriedades de comprimento de fratura,

principalmente em exposições de 2D (Bonner *et al.*, 2001 *apud* Ortega-Perez op.cit.) e somente uns poucos estudos incluem propriedades das aberturas de fraturas em si (Barton & Hsieh, 1989; Barton & Zoback, 1990; McCaffrey *et al.*, 1994; Sanderson *et al.*, 1994; Clark *et al.*, 1995; Belfield & Sovich, 1995; Marrett, 1997; Marrett & Laubach, 1997; Laubach *et al.*, 1998; Ortega *et al.*, 1998; Belfield, 1998; Marrett *et al.*, 1999; Ortega, 2002; Laubach, 2003 (*apud* Ortega-Perez, 2002), Olson, 2004 (*apud* Ortega-Perez, 2002), Gale *et al.*, 2004 (*apud* Ortega-Perez, 2002) e Gale *et al.*, 2005 (*apud* Ortega-Perez, 2002).

As técnicas de *medição* do tamanho de fraturas mostram que estão cheias de erros sistemáticos (Davy, 1993; Bonnet *et al.*, 2001 *apud* Ortega, 2002).

Erros nos resultados de *medição* de fraturas foram inseridos em virtude de:

- 1) dificuldades de amostragem (Einstein & Baecher, 1983; Segall & Pollard, 1983; Barton & Zoback, 1992; Clark *et al.*, 1995; Ortega & Marrett, 2000);
- 2) fraca interpretação dos conceitos das atitudes das fraturas (Gudmundson, 1987; Ortega & Marrett, 2000);
- 3) mudança dos padrões das medições de atitudes das fraturas (Gudmundson, 1987; Heffer & Bevan, 1990; Casting *et al.* (*apud* Ortega-Perez, 2002), 1996; Ouillon *et al.*, 1996);
- 4) equipamentos inadequados para medir tamanhos de fraturas (Barton & Hsieh, 1989; Belfield & Sovich, 1995);
- 5) possíveis efeitos dos limites inferior e superior das propriedades de medição (Henderson *et al.*, 1994; Hatton *et al.*, 1994; Odling *et al.*, 1999; Ortega & Marrett, 2000; Bonnet *et al.*, 2001);
- 6) subamostragem estatística (Priest & Hudson, 1976; Berkowitz & Adler, 1998; Main, 2000);
- 7) efeitos do tamanho finito (Pickering *et al.*, 1995; Ouillon *et al.*, 1996);
- 8) efeitos na distribuição espacial (Ackermann & Schlische, 1997; Borgos *et al.*, 2000; Ortega, 2002 – capítulo 3); e
- 9) ferramentas topológicas (Warburton, 1980; Westaway, 1994; Marrett, 1996; Borgos *et al.*, 2000).

Alguns erros são sistemáticos, assim existindo potencial de filtrá-los em uma tendência de distribuição do tamanho das fraturas, tanto quanto um entendimento das leis físicas e matemáticas que expliquem sua ocorrência.

Muitos erros, porém, não são sistemáticos e surgem de populações de fraturas mistas não relacionadas, inconsistência nas medições de tamanhos de fraturas nas várias escalas de observação, insuficiente coleção de dados e, provavelmente, alguns efeitos ainda desconhecidos.

Muitos trabalhos publicados acerca da *medição* de fraturas têm falta de detalhes suficientes da metodologia de amostragem usada e dos limites físicos dos sistemas das fraturas para compreender os resultados (Bonnet *et al.*, 2001 e referências aí contidas).

Percebe-se que a maioria dos dados de fraturas não é incluída nas publicações, tornando difícil o uso dos dados em experimentos com técnicas potentes para eliminar enganos ou explicar sua ocorrência.

Uma má interpretação de enganos em *medições* produz confusão e interpretações múltiplas para um mesmo conjunto de dados e, freqüentemente, a re-interpretação desses dados, sob novos conceitos, leva a conclusões muito diferentes acerca da extensão da *lei-de-forças* das medições de fraturas em rochas.

Desafios importantes nos estudos de *medições* de fraturas incluem:

- 1) *design* de métodos eficientes de amostragem em fraturas no domínio de duas dimensões;
- 2) avaliação da viabilidade e uso prático de previsões nas *medições* de fraturas;
- 3) compreensão dos mecanismos que introduzam enganos nas distribuições observadas de tamanhos de fraturas; e
- 4) métodos analíticos de *design* na filtragem de enganos do sinal abaixo da distribuição de tamanhos.

Outra propriedade importante de sistemas de fraturas é sua distribuição espacial. A média de espessuras é a ferramenta mais comum aplicada na descrição da organização espacial das fraturas. Essa média, no entanto, tem pouco significado sem a especificação da detenção limiar de fraturas.

Ortega-Perez estudou sistemas de fraturas em rochas sedimentares em campos de petróleo no Nordeste do México, sendo parte em clásticos (Arenito Ozona) e também em carbonatos, em local denominada Sierra Madre Oriental (SMO), com o objetivo de estimar fraturas não descaracterizadas nessas camadas e compará-las com possíveis controles estratigráficos.

O estudo em carbonato, em afloramentos do Cretáceo Inferior, nas Formações Tamaulipas Superior e Inferior, revela que se encontra em plataforma rasa, com fácies lacustre, mais especificamente entre o Barremiano ao Aptiano, passando de transicional, como fácies medial, a marinha em águas mais profundas.

Acontece que estes sistemas de deposição se localizam muito próximos de eventos tectônicos de certa intensidade, afetando as fraturas existentes no contexto geoestrutural da seqüência carbonática.

Os mais variados métodos foram usados por cientistas, todos experimentais, de analisar efeitos geológicos em intensidade de fraturas. Na área estudada por Ortega-Perez, muitas experiências foram realizadas cujo sucesso é ainda duvidoso, culminando em um modelo de distribuição de fraturas em uma seqüência estratigráfica cíclica que determinou uma ferramenta para previsão de fraturas usando exploração por sensoriamento remoto através de ligações entre modelos estratigráficos e métodos de exploração geofísica (p.ex. estratigrafia sísmica, interpretação de perfis de poços).

Com toda a certeza, as três principais propriedades de fraturas que interferem no fluxo de fluidos de uma rocha fraturada são:

- 1) a porção de fraturas ocupada na porosidade residual;
- 2) a variação na escala de observação; e
- 3) a comunicação entre os espaços vazios.

A precipitação do cimento em fraturas abertas diminui a permeabilidade das fraturas. Quantificação e previsão de preenchimento em uma rede de fraturas é muito importante para a modelagem real do fluxo através das fraturas

Conhecer as condições estruturais de carbonatos é de importância muito grande haja vista que é um composto sólido que se fende ao ser submetido aos agentes intemperísticos e da descompressão de material extraído para fins industriais e comerciais.

O estudo de deformações estruturais e diagenéticas nos carbonatos laminados que afloram em Nova Olinda e Santana do Cariri, e que afetam a exploração de placas das pedreiras, é primordial para explicar a perda de material abaixo da camada contendo nódulos e concreções (Foto 6.1), pois há interrupção dos trabalhos mineiros, quando ainda existe algum material aproveitável.

Em relação às fraturas e falhas, os parâmetros estruturais não são considerados na mineração, pois os cortes, de modo geral, são executados na

diagonal a elas, provocando enormes perdas e, conseqüentemente, elevando o custo das operações.



Foto 6.1 – Concreções e nódulos decimétricos em camada carbonática, indicados pelas setas, compõem parte da seqüência em que a exploração de placas nas pedreiras é encerrada, afloramento 4, pedreira de Felipe – Tatajuba (do autor).

A conclusão destes fatos provém de Silva *et al.*, (2003a), em trabalho no Cariri central (Nova Olinda / Santana do Cariri / Crato / Barbalha), que definiram três tipos principais de deformações nos calcários laminados da Formação Crato, aqui denominados:

- a) microfalhas *rúpteis distensionais*;
- b) microfalhas *dúcteis-rúpteis compressionais*; e
- c) fraturas.

Seriam resultado de três eventos tectônicos (D1, D2 e D3), descritos um a um, nas três últimas camadas carbonáticas (C3, C4 e C6), presentes na região estudada, observando, inclusive, suas dimensões com registros fotográficos.

O evento D1, distensional, revelou três domínios de mergulhos de estruturas: um para SW, outro para NW e o terceiro para ENE.

O evento D2, compressional com deformações plásticas, produziu falhas dos tipos dúcteis-rúpteis muito localizadas, tanto geograficamente como na seqüência estratigráfica (camada C6), sem que se observasse se elas se estendiam para a unidade superposta, Formação Ipubi.

O evento D3 é semelhante ao D1 e as falhas normais atravessam também a camada C6, com rejeito médio de 3cm, reativando superfícies de descontinuidade geradas no evento anterior, D2, com a mesma distribuição espacial deste evento, revelando coincidência com as falhas inversas do evento D2.

Há dificuldades em distinguir as estruturas do evento D1, porque são distensionais. Além disso, os planos de falha das estruturas inversas de D2, na maioria das vezes, são os mesmos daqueles de D1, diferenciando-se pelo deslocamento normal dos conjuntos de lâminas e os *drags* das falhas inversas, mostrando seu movimento em relação ao daqueles.

A região em estudo se encontra em trecho sudoeste do Lineamento Patos, sendo assim uma área na qual houve reativações de falhas durante e após a deposição da camada C6. Tais sismos nesta unidade carbonática não seriam de grande amplitude, mas provocaram falhas e deslizamentos *sin-* e *pós-deposição* de carbonatos.

6.1 ESTRUTURAS OBSERVADAS

O calcário laminado que ocorre na região de estudo deste trabalho pertence à unidade C6, proposta por Neumann (1999), contendo laminações paralelas, plano-paralelas, onduladas e plano-onduladas que se alternam sistematicamente por dezenas de metros de espessura, intercalando-se com camadas de folhelhos calcíferos e siltitos argilosos.

Esta unidade C6 se estende por toda a Bacia Sedimentar, de modo diferente das outras cinco, que são mais localizadas (Fig. 6.1). As suas maiores possanças estão nesta área de pesquisa, podendo estar repousando diretamente ou interdigitada com a Formação Rio da Batateira, como em discordância com a Formação Mauriti e mesmo com o embasamento cristalino, constituído de gnaisses migmatíticos, xistos, migmatitos, milonitos, granitóides etc. de uma *nappe* em terrenos proterozóicos da Faixa Riacho do Pontal, segundo Delgado *et al.* (2003).

Dentro do escopo deste documento, foram visitadas seis pedreiras mais representativas, estrategicamente localizadas em três regiões internas da área, a fim de coletar dados dos aspectos geológicos, estruturais e ambientais da área em tela.

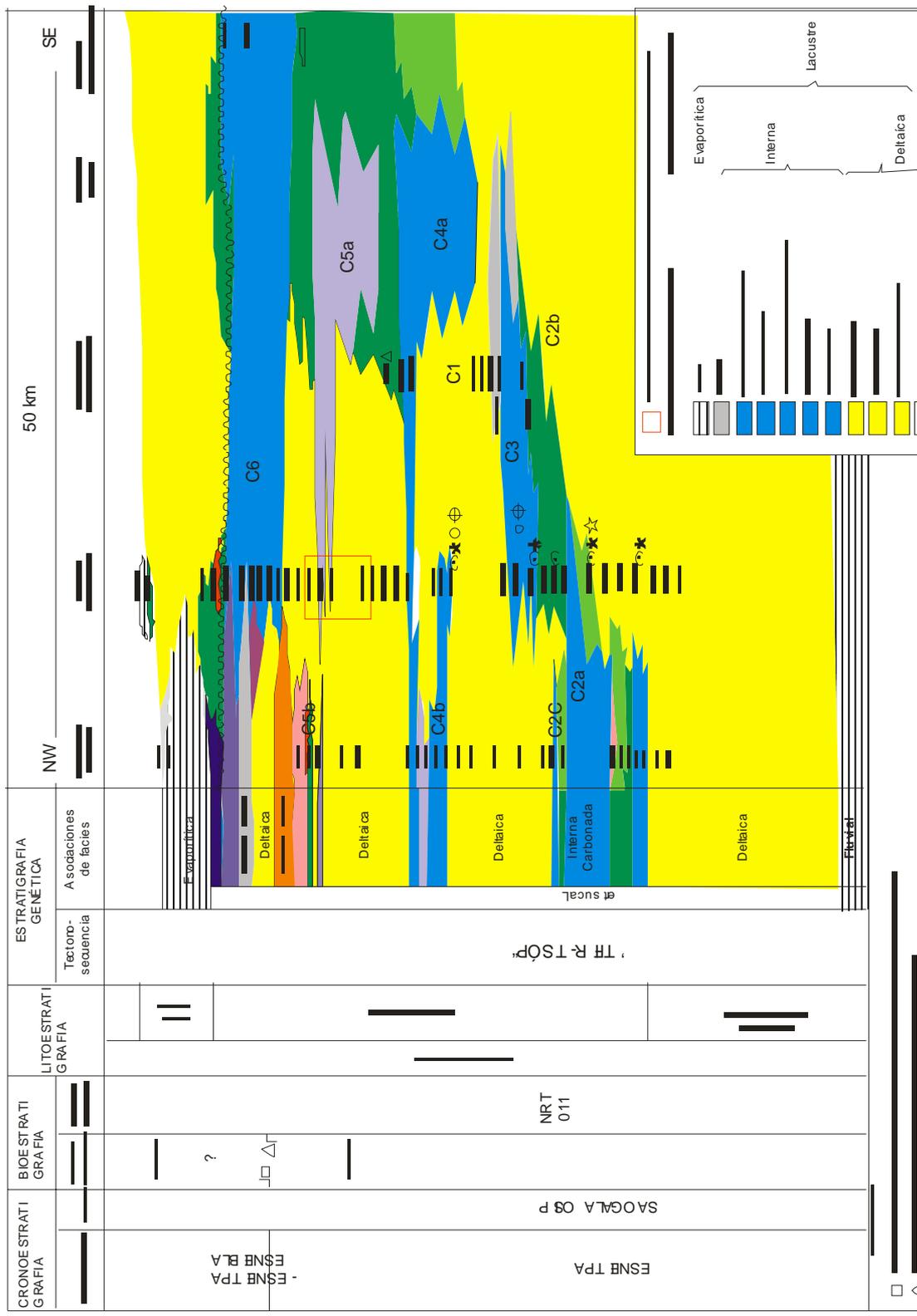


Figura 6.1 – Seção estratigráfica simplificada do sistema lacustre Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe, mostrando suas associações como crono-, bio- litoestratigráfica, além da estratigráfica genética das seis camadas carbonáticas e a sua distribuição geográfica ao longo de um perfil NW-SE de 50km, abrangendo municípios da encosta da Chapada *Neumann, 1999).

Uma delas é a região norte do projeto, compreendendo duas pedreiras no Município de Nova Olinda (Pedra Branca); outra é a região sul, com duas pedreiras em distritos próximos à Sede de Santana do Cariri (Cantagalo e Baixio do Mota); e mais duas na região oeste, em local denominado Tatajuba.

Em todas elas há evidências de fraturas e apenas uma microfalha, estando elas abertas, em menor quantidade, ou fechadas. De acordo com informações colhidas com operadores de máquinas de corte em pedreiras, a profundidade máxima alcançada pelas fraturas fechadas é de 60cm a 80cm, enquanto as abertas podem atingir a base da seqüência.

6.2 ESTRUTURAS GERADAS PELOS EVENTOS

As estruturas observadas nos eventos devem ter significado evolutivo para o que existe, as quais poderiam ser explicadas por cientistas especialistas em tectonismo segundo teorias vigentes sobre a matéria.

O caráter desses eventos já foi sintetizado na introdução do texto deste capítulo. Pelas condições mostradas em afloramentos, porém, Silva *et al.* (2003) deduziram que:

- a) as estruturas do evento D1 ocorreram na expansão de um sistema lacustre com pouca influência tectônica e com desenvolvimento cíclico de fácies carbonáticas e terrígenas, controlado por variação climática; surgindo microfalhas normais em alguns níveis, *loop beddings* e *microslumps* muito localizados;
- b) durante o evento D2, houve um abaixamento do nível lacustre, em face da influência tectônica, com desenvolvimento de feições de exposição subaérea, como brechas, geodos de calcita, gretas de dessecação, paleossolos e concentração salina dentro do lago, propiciando deposição de facies evaporítica; as falhas, do tipo inverso teriam sido resultantes de movimentos compressionais gerados pela propagação contínua da abertura do *Proto-Oceano* do Atlântico Sul, afetando as bacias marginais do Nordeste brasileiro;
- c) no evento D3, haveria o retorno da expansão lacustre que culminaria em uma invasão marinha, ou um grande lago com semelhanças marinhas (mar epicontinental?), durante a deposição da Formação Romualdo; as falhas são normais nos mesmos planos das falhas inversas de D2, de pequenos rejeitos.

Deduz-se que tais eventos precisariam estudos mais aprofundados, com o objetivo de afastar dúvidas levantadas pela pesquisa, pois não há evidências de fraturas em todas as pedreiras visitadas e apenas uma microfalha (Fotos 5.5, 5.6 e

5.7), sendo a maioria delas fechadas, estendendo-se à pequena profundidade e, em menor quantidade, outras abertas e profundas.

6.3 DADOS COLETADOS DE FRATURAS

Como previsto nas tarefas de campo, citadas no capítulo 3 Material e Métodos, foram realizadas medições destas feições estruturais em cada um dos seis afloramentos, dependendo das condições das pedreiras.

6.3.1 Região norte (Pedra Branca)

Conforme descrito no capítulo anterior, nesta região, as duas pedreiras estão próximas e sua associação litológica é muito semelhante. Laminações onduladas e microfalha, laminações planoparalelas, nódulos interestratificados, fraturas normalmente fechadas e raras abertas, que se cruzam em ângulo aproximado de 30° (Foto 6.2) e, na sua maioria, estendem-se por mais de 5m, principalmente as fraturas abertas.

Mesmo com a proximidade dessas pedreiras, a extensão delas é grande e existe a possibilidade de aumentar mais, porque se localizam em pontas de serra, havendo continuidade de operações mineiras ao redor, mormente no lado norte, onde está a pedreira de Idemar, onde vários outros extratores de ladrilhos têm seus quinhões mas, com tamanhos menores e sem muito material de qualidade.

- Pedreira do André, afloramento 1
07° 47' 56" Sul e 38° 51' 20" W.Gr.

Foram feitas medições em linhas (*scanlines*) de 1m e 2m de comprimento (Foto 6.3) para obtenção dos seus parâmetros estruturais, cujos valores estão em seguida, com indicações de direções de mergulhos, espessura das fraturas, intervalos azimutais delas e o histograma com a densidade das fraturas na respectiva linha de medição. O diagrama de roseta não é expresso nesses tipos de medição (linha).

Direções de mergulhos, espessuras, intervalos e número e densidade de fraturas estão agrupados coerentemente para concluir acerca das famílias de sistemas de fraturas e escolha de direções preferenciais de corte do material.

O resultado das medições se encontra em resumo nas duas tabelas contíguas abaixo montadas (Tabelas 6.1 e 6.2).



Foto 6.2 – Pedreira do Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca), em que há cruzamento de fraturas formando ângulo de 30°, aproximadamente, bem como o círculo (C1) no qual foram tomadas medidas de fraturas; ambas as figuras indicadas por setas (do autor).

Nas medições feitas em linha não é possível obter-se a densidade de fraturas porque é desenvolvida em dimensão linear, maneira diferente dos círculos que têm áreas em função de sua configuração geométrica.

No total, foram realizadas onze medições, das quais duas na Linha 1 e nove na Linha 2, mostrando tendência para a direção NW-SE.

**LINHAS de 1m e 2m
Pedreira do André (Pedra Branca)**

Tabela 6.1 – Parâmetros de medições de fraturas

Direção		Abertura	
L1	L2	L1	L2
N138°	N140°	1,62cm	12,00cm
N138°	N130°	1,43cm	27,00cm
	N132°		0,96cm
	N140°		1,94cm
	N160°		1,93cm
	N145°		1,23cm
	N136°		0,63cm
	N135°		0,85cm
	N136°		014,cm

Tabela 6.2 – Total de fraturas medidas e intervalos em que se encontram

Intervalo	Nº de Fraturas	
	L1	L2
0 – 90		
91 – 180	2	9
181 – 270		
271 - 360		

Nos valores encontrados das medições efetuadas, nota-se que a média das direções das fraturas se concentra predominantemente em planos verticais, pois o mergulho é subvertical, no sentido N20° a N50°, representando única família de fraturas.

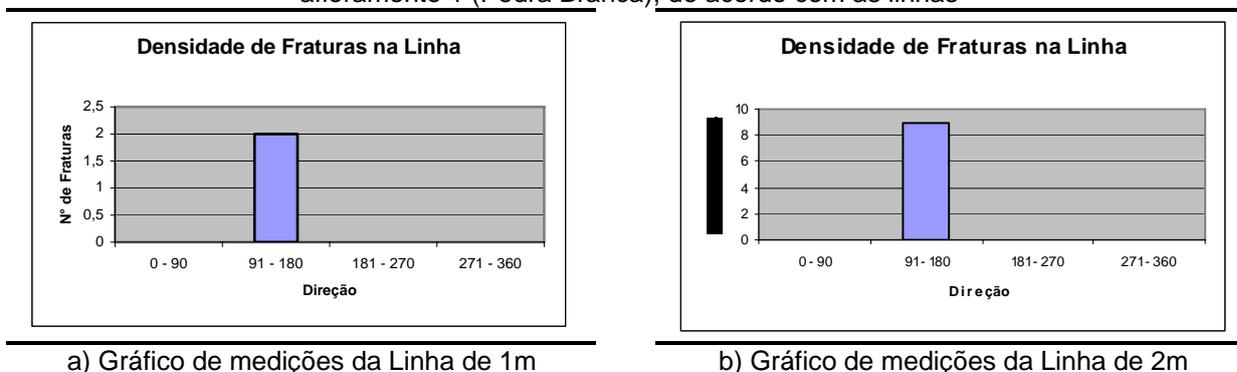


Foto 6.3 – Pedreira do André, afloramento 1, na tomada de medidas estruturais para análise dos sistemas existentes, em linha horizontal de 1m e 2m de comprimento; a linha preta na foto está paralela à marca de giz (branco), padrão das medições feitas pelo pesquisador (do autor).

As aberturas das fraturas, de quase nulos a 37cm, são de escassas a não muito grandes, o que revelaria baixa fragmentação da rocha carbonática, mesmo com a descompressão do material retirado no local da pedreira onde foram feitos os trabalhos específicos; razão esta de não haver muitas perdas por fragmentação das placas retiradas, resultantes mais da má operação das máquinas e da direção mal planejada, além da baixa qualidade da mão-de-obra.

Em prosseguimento, estão os valores da densidade conjunta das medições apresentada na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Resumo das fraturas em direções preferenciais da pedreira do André, afloramento 1 (Pedra Branca), de acordo com as linhas



Nos valores encontrados das medições efetuadas, nota-se que a média das direções das fraturas se concentra predominantemente em planos verticais, pois o

mergulho é subvertical, no sentido 20Az a 50Az, representando também uma família de fraturas.

- Pedreira de Idemar, afloramento 4
07° 07' 16" Sul e 39° 42' 05" E.Gr.

Foram feitas medidas em dois círculos de 1m de raio (Fotos 6.2 e 6.4) para obtenção dos parâmetros estruturais deste afloramento, cujos valores estão a seguir apresentados, com indicações de parâmetros pertinentes (direções de mergulhos, abertura das fraturas, intervalos azimutais e diagrama de rosetas), bem como um *scanline* de 10m, para conclusão a respeito das famílias de sistemas de fraturas e escolha das direções preferenciais de corte do material.

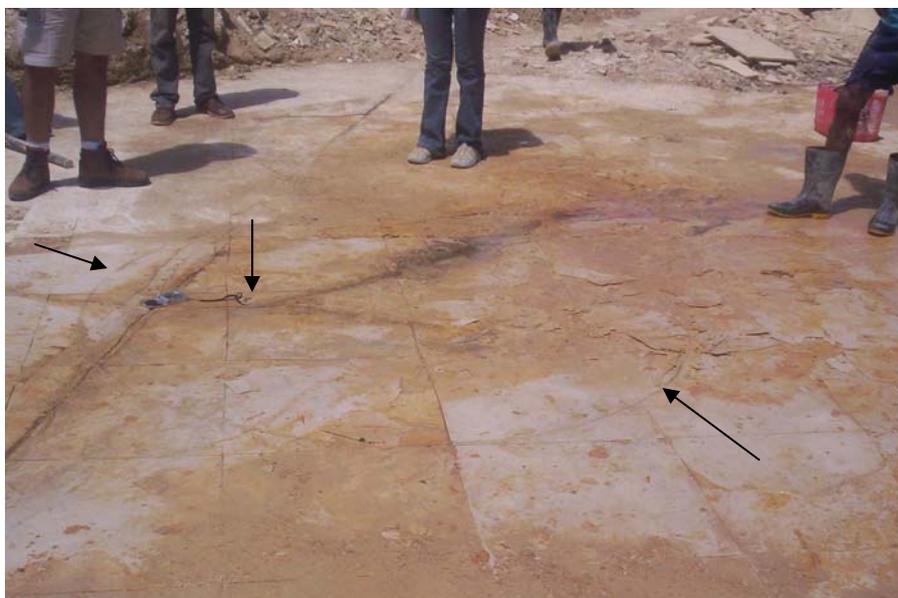


Foto 6.4 – Pedreira do Idemar, afloramento 4, quando da tomada de medidas estruturais para análise dos sistemas, em outro círculo (C2) de 1m de diâmetro vizinho ao C1 (acima com os pés da pesquisador inscrito nele), com setas mostrando, além do círculo, novo cruzamento de fraturas (do autor).

Foram doze medições ao todo, sete no C1 e cinco no C2, revelando quase meio a meio a tendência para as direções SW – NE (sete) e NW – SE (cinco). O que resultou dos trabalhos de medições está ordenado nas tabelas 6.4 e 6.5 na seqüência descrita.

A seguir, na Tabela 6.6, apresenta-se a densidade conjunta das medições na pedreira do Idemar.

**DOIS CIRCULOS de 1m
Pedreira do Idemar (Pedra Branca)**

Tabela 6.4 – Parâmetros das medições de fraturas

Direção		Abertura	
C2	C1	C2	C1
N160°	N 165°	1,26cm	1,62cm
N164°	N 35°	1,32cm	1,43cm
N135°	N 50°	0,96cm	1,75cm
N 90°	N145°	1,94cm	0,72cm
N 65°	N140°	1,93cm	1,22cm
0		1,23cm	
N 35°		0,63cm	

Tabela 6.5 – Total de fraturas medidas e intervalos onde se encontram

Intervalo	Nº de Fraturas	
	C1	C2
0 – 90	3	5
91 – 180	2	1
181 – 270		
271 - 360		1

O resumo dos valores obtidos mostra as características da pedreira e como as fraturas se dispõem nela de maneira que se tenha uma condição de boa para ótima de sua operação.

Tabela 6.6 – Valores que definem a distribuição de fraturas nos Círculos, por extrapolação, nas pedreiras

Círculos de medição	C1	C2
Somatório das Fraturas	9,27cm	6,74cm
Área do Círculo	314cm ²	314cm ²
Densidade	0,03cm ⁻¹	0,02cm ⁻¹

A densidade obtida no levantamento da pedreira diz que a quantidade de fraturas por centímetro quadrado (cm²) é baixa, ou seja, respectivamente 0,03cm⁻¹ e 0,02cm⁻¹. Em face da baixa tenacidade da rocha, entretanto, a fragmentação é fato incontestável que prejudica em muito as condições ótimas de operacionalidade.

É apresentado na figura 6.2 o diagrama de roseta do Círculo 1, enfocando a preferência das direções de uma de duas famílias no sistema de fraturas neste afloramento, estendendo-se entre 30Az a 40Az, com algumas de menor influência para NE.

Na Figura 6.3, está o diagrama de roseta do Círculo 2, cuja direção preferencial fica entre 20Az e 30Az, com valores menores também para NE, e uma para NW, evidenciando família quase paralela à do Círculo 1. Isto ajuda na orientação do corte das placas.

Os diagramas polares desses círculos estão apresentados nas Figuras. 6.4 e 6.5, que representam a reprodução dos respectivos estereogramas de cada um dos planos das fraturas medidas, ficando tais pólos a 90° desses planos.

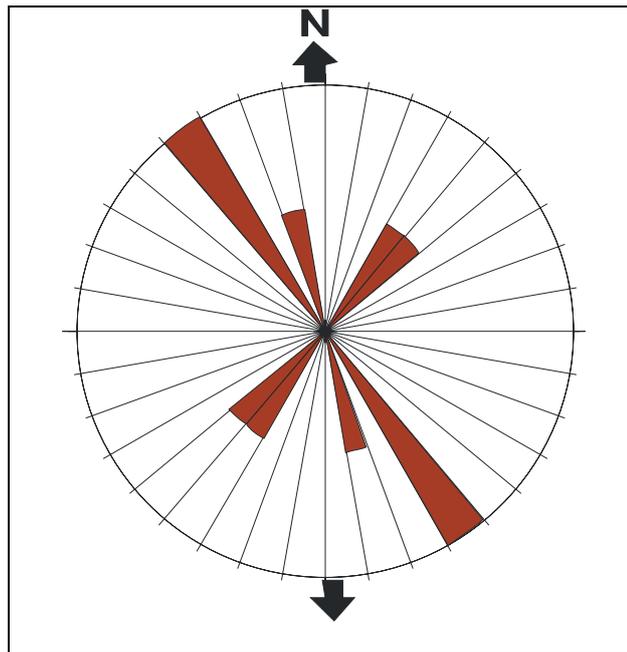


Figura 6.2 – Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo 1 da pedreira do Idemar (Pedra Branca).

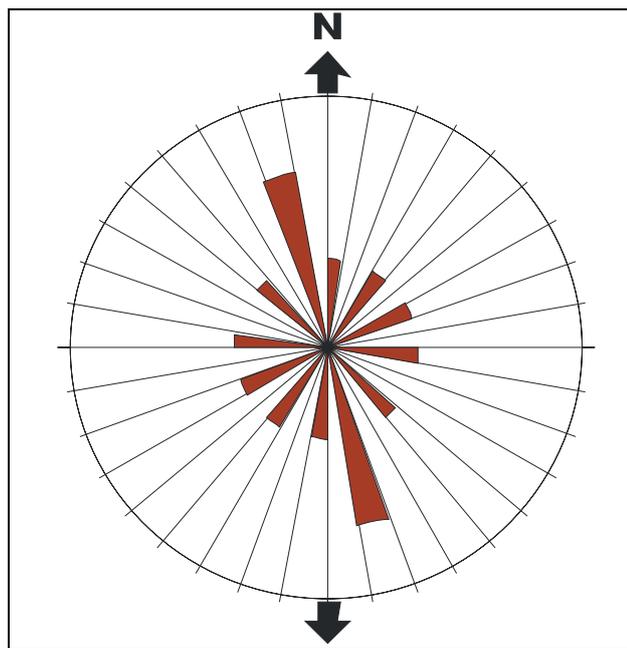


Figura 6.3 – Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo 2 da pedreira do Idemar (Pedra Branca).

Eles reproduzem os dados de campo, como número de fraturas medidas e o *peak* (36,22 do Círculo 1 e 26,82 do Círculo 2), além de informar o Sigma, que é o percentual de fraturas do total de $K = 100$ para ambos os círculos (0,05 e 0,07 respectivamente).

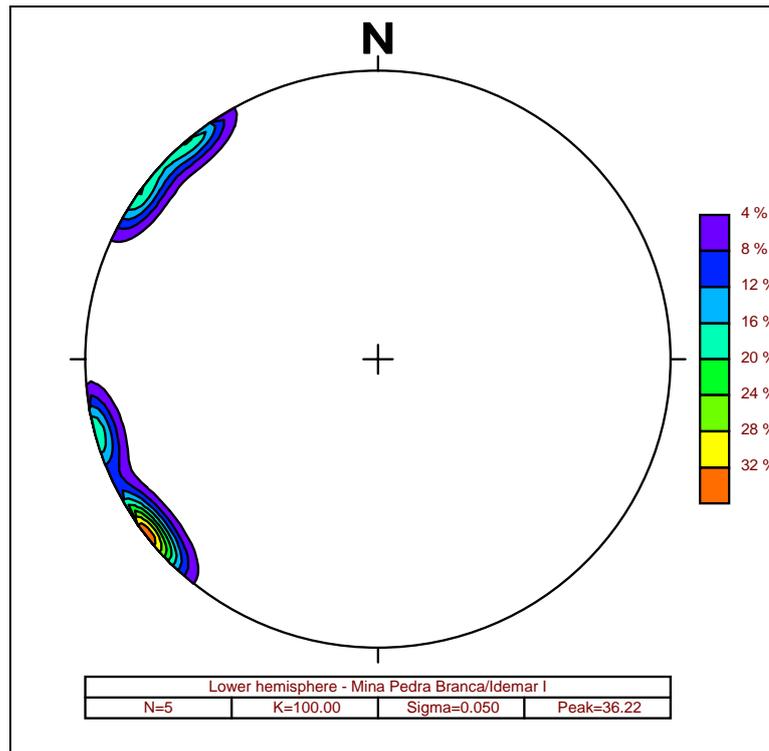


Figura 6.4 – Diagrama polar das fraturas do Círculo 1 da pedraira do Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca).

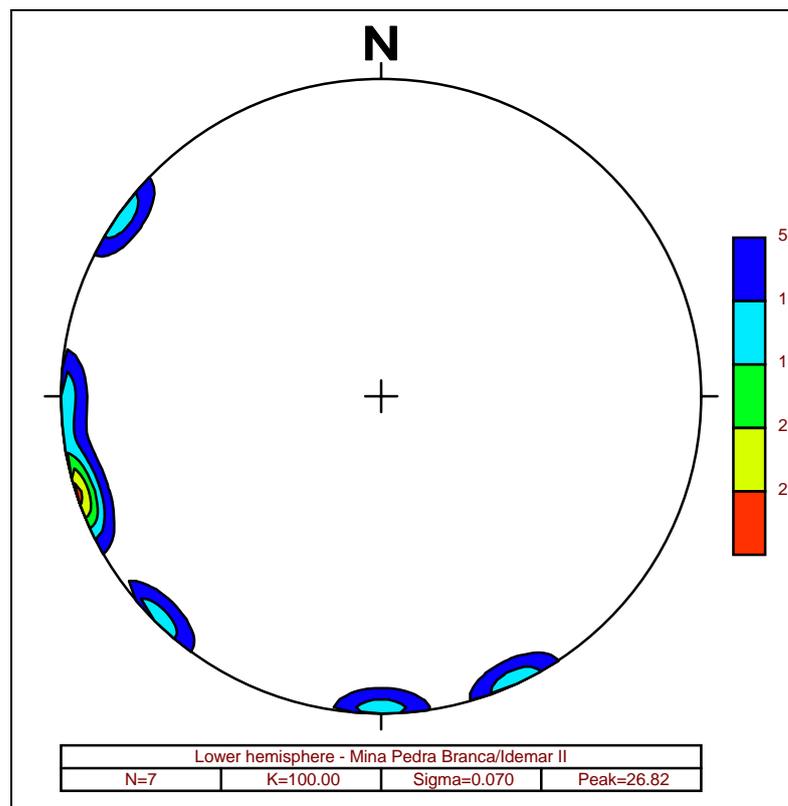


Figura 6.5 – Diagrama polar das fraturas do Círculo 2 da pedraira do Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca).

O resumo do estudo das fraturas da região norte do projeto (Nova Olinda) leva a concluir que as duas pedreiras são muito semelhantes, como foi previsto anteriormente, quanto aos aspectos litoestratigráficos.

Neste afloramento foi executado um *scanline* de 10m (Foto 6.5a e b), cujos resultados são apresentados mais adiante (item 6.7).



a) Área onde foram tomadas medidas do *scanline* de 10m na pedreira do Idemar.



b) Parte dos trabalhos detectando fratura aberta cortando a *scanline*.

Foto 6.5 – Parte do *scanline* tomando medidas do carbonato no afloramento 4, pedreira de Idemar onde em a) vê-se o local dos trabalhos e em b) fratura aberta ao longo da linha de medições (do autor).

6.3.2 Região oeste (Tatajuba)

De modo geral, as condições destas pedreiras são semelhantes às de Pedra Branca, mas o material é mais resistente, mais tenaz, talvez pela aproximação da borda da bacia, em face da reativação mencionada no início deste capítulo, e há maior frequência de fraturas abertas (Foto 5.19). Por isso, o volume de estéril nessa parte das operações mineiras é grande. A qualidade das lajes é melhor do que a da região norte e também da região sul.

Notam-se laminações regulares, paralelas, sub-horizontais, sem falhas ou distúrbios tectônicos, exceto os nódulos do matracão, final de operações mineiras, como mostrado na Foto 6.1). De qualquer forma, isto reduz a área útil de produção de ladrilhos.

Deste modo, no cômputo final, vantagens e desvantagens se compensam.

Nesta região do projeto, foram estudadas duas pedreiras e realizados trabalhos de medição de fraturas em círculos, um em cada uma delas, a de Sérgio Major (afloramento 2, coordenadas 07° 07' 23" Sul e 39° 49' 26" W.Gr.) e a de Antônio Felipe (afloramento 3, coordenadas 07° 07' 22" Sul e 39° 39' 28" W.Gr.), as quais acusaram os dados a seguir apresentados (Tabelas 6.7 e 6.8).

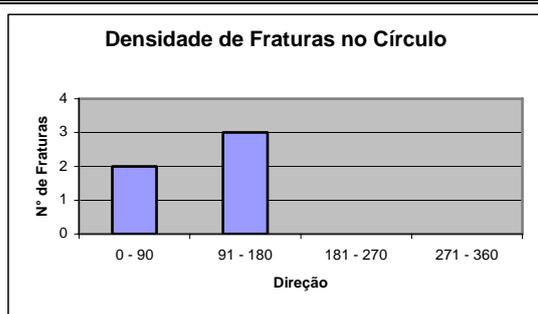
**CIRCULOS de 1m de raio cada
Pedreiras de Sérgio Major e Antônio Felipe (Tatajuba)**

Tabela 6.7 – Parâmetros das medições de fraturas				Tabela 6.8 – Total de fraturas medidas e intervalos onde se encontram		
Direção		Abertura		Intervalo	Nº de Fraturas	
Sérgio	Felipe	Sérgio	Felipe		Sérgio	Felipe
N125°	N125°	1,41cm	1,91cm	0 – 90	2	3
N150°	N 20°	0,60cm	1,78cm	91 – 180	3	3
N145°	N125°	0,80cm	1,88cm	181 – 270		
N 05°	N150°	1,95cm	0,75cm	271 - 360		
N 05°	N 80°	1,93cm	0,90cm			
	N 40°		0,20cm			

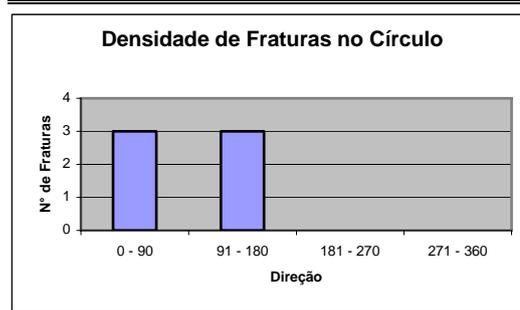
Das Tabelas 6.7 e 6.8, os resultados foram transformados em histogramas de dados estatísticos das medidas tomadas em ambas as pedreiras dos afloramentos 2 e 3, em Tatajuba, região oeste do Projeto (Tabela 6.9).

Por dedução, os valores obtidos mostram as características das pedreiras e como as fraturas se dispõem nelas de modo a que se tenham condições de sua operação (Tabela 6.10).

Tabela 6.9 – Resumo das fraturas em direções preferenciais das pedreiras de Sérgio Major e de Antônio Felipe, afloramentos 2 e 3 (Tatajuba), de acordos com os círculos.



a) Gráfico de medições do Círculo na pedra de Sérgio Major.



a) Gráfico de medições do Círculo na pedra de Antônio Felipe.

Tabela 6.10 – Valores que definem a distribuição de fraturas nos Círculos e, por extensão, nas pedreiras de Tatajuba

Círculos de medição	Sérgio	Felipe
Somatório das Fraturas	6,03cm	41,81cm
Área do Círculo	314cm ²	314cm ²
Densidade	0,02cm ⁻¹	0,13cm ⁻¹

A densidade das fraturas na pedra de Sérgio Major é compatível com as que até aqui foram objeto de pesquisa, enquanto a de Antônio Felipe tem o valor bem maior, revelando que a abertura delas ressalta mais à vista.

Na interpretação dos diagramas de roseta (Figuras. 6.6 e 6.7), os valores encontrados nas medições efetuadas se apresentam na direção quase N – S (10Az a 20Az, na pedra de Sérgio Major) e 50Az a 60Az, na pedra de Antônio Felipe, representando duas famílias de fraturas, mesmo com uma distância de apenas 300m uma da outra.

Os diagramas polares das duas pedreiras, no que se refere às medidas feitas, mostrados nas Figuras 6.8 e 6.9, de igual modo, reproduzem estereogramas dos planos das fraturas medidas, ou seja, são pólos a 90° desses planos, com dados de campo como número de fraturas medidas e o *peak* (39,88 em Major e 32,82 em Felipe), além do Sigma, que é o percentual de fraturas de um total de K = 100 (0,06 e 0,05, respectivamente).

Existem aspectos ou situações que chamam à atenção no quadro apresentado: há uma predominância de medidas para NW e as fraturas, em grande maioria, são bem abertas como se depreende das fotos do capítulo anterior (n^{os} 5.18 e 5.19) e a extensão delas não é curta; pelo contrário, estende-se por sobre quase toda a área de trabalho.

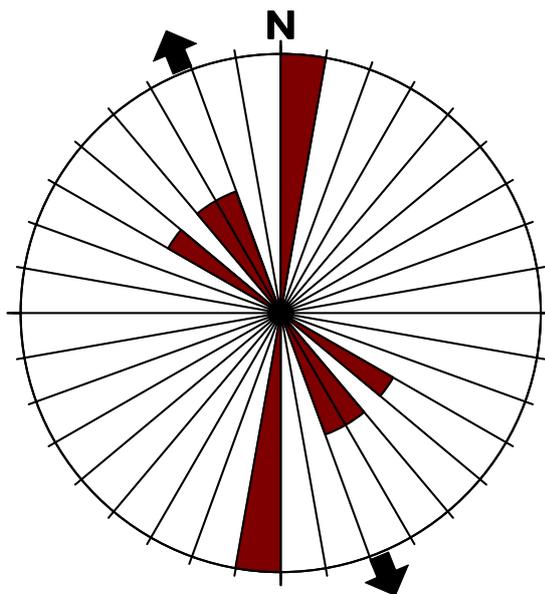


Figura 6.6 – Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo da pedra de Sérgio Major (Tatajuba).

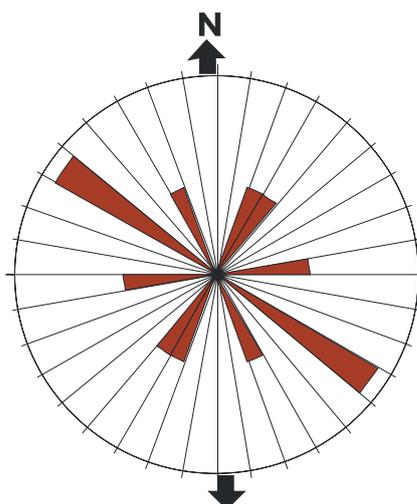


Figura 6.7– Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo da pedra de Antônio Felipe (Tatajuba).

Uma rápida análise pode levar a pensar que, neste ponto da Bacia, as forças distensionais do evento D3 estariam mais evidentes, em virtude do afastamento das fraturas que tenderiam a ser menos largas do que mostram-nos aqui.

Este último fato deve destacar que estas pedreiras estariam na borda da Bacia, próximo ao lineamento norte (315Az) que limita a Bacia, mesmo que não se observem estruturas atectônicas indicativas de escorregamento (*slump structures* ou mesmo *microslumps*), como acontece em outros afloramentos desta parte da Bacia.

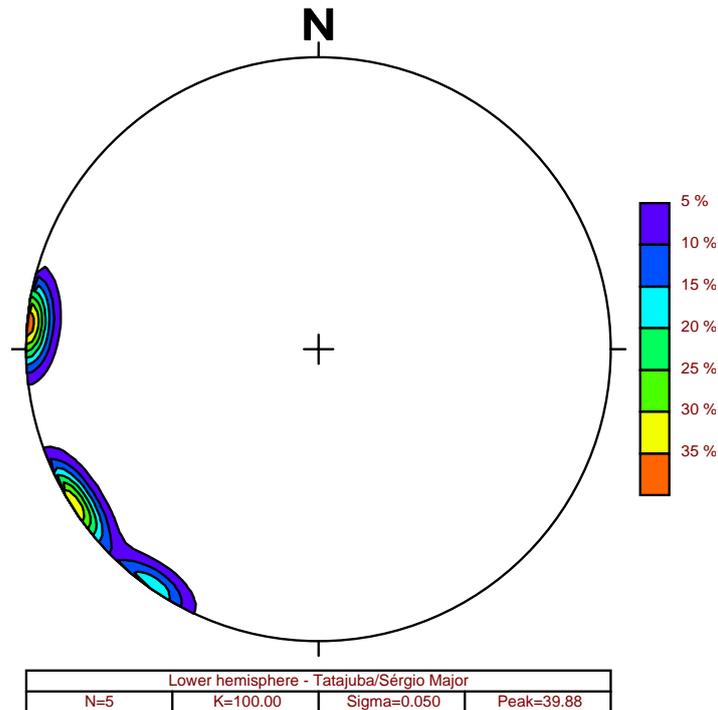


Figura 6.8 – Diagrama polar das fraturas do Círculo da pedra de Sérgio Major, afloramento 2 (Tatajuba).

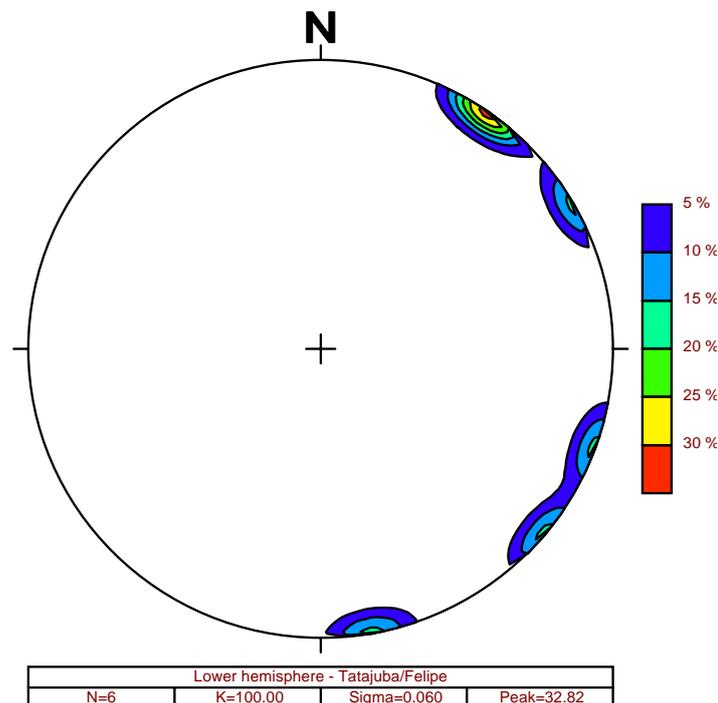


Figura 6.9 – Diagrama polar das fraturas do Círculo da pedra de Antônio Felipe, afloramento 3 (Tatajuba).

Parece que o que ocorreu de fato foi tão-somente o fraturamento das rochas carbonáticas da Formação Crato, em um regime de tectonismo fraco com perturbações marcadas por pequenos sismos.

6.3.3 Região sul (distritos de Santana do Cariri)

Foi esta região do projeto que teve o maior número de medições (15), correspondentes a cerca de 38,5% do total feito neste levantamento – duas pedreiras: a de Cantagalo (José Iracelmo Sousa) e Baixio do Mota (Nem), cujas respectivas coordenadas são 07° 09' 54" Sul e 39° 45' 17" W.Gr. e 07° 12' 11" Sul e 39° 45' 10" W.Gr.

Houve dificuldade de verificar mergulho de boa parte das fraturas em face da sua inclinação mesmo aparente e em virtude de as fraturas estarem abertas. Por outro lado, as laminações se encontravam muito quebradas e as fraturas adjacentes, irregulares nos perfis das pedreiras.

No perfil de Cantagalo, verifica-se que uma camada pelítica, tom creme-claro, está posicionada por sobre o intervalo carbonático (V. Foto 6.6), podendo ser a submicrofácies, **Sm1** (ritmito argila-carbonato, constituída de calcita micrítica – vide item 5.1.1), descrita por Neumann (1999) e Silva *et al.* (2002), inserida na unidade carbonática C6, a qual não é vista em outras pedreiras, exceto na base do afloramento 1 (André), cuja seqüência foi objeto de estudo de Silva (2003).



Foto 6.6 – Pedreira de Cantagalo, afloramento 5, vendo-se camada de cerca de 90cm de espessura, que pode ser a Sm1 da tese de Neumann nesta pedreira (do autor).

As pedreiras estudadas nesta região são as de Cantagalo, de José Iracelmo Sousa, e do Baixio do Mota, cujo concessionário é conhecido por Nem.

Elas são pequenas em relação às de Pedra Branca, possivelmente as maiores de toda a região de estudos, sendo a do Idemar a maior, de mais de 80m de extensão e a de André com cerca de 50m. Ambas têm trabalhos de outros mineradores adjacentes a elas. A do lado oeste, de Idemar, porém, contorna a ponta da serra e se prolonga até Massapé do Livramento (Oliveira, 1998) ou mais.

Os dados extraídos dessas pedreiras estão agrupados a seguir nas Tabelas 6.11 e 6.12.

CIRCULOS de 1m de raio cada
Pedreiras de Iracelmo e Nem (distritos de Santana do Cariri)

Tabela 6.11 – Parâmetros das medições de fraturas

Direção		Abertura	
Iracelmo	Nem	Iracelmo	Nem
N190°	N105°	1,17cm	0,43cm
N 05°	N105°	1,20cm	0,77cm
N155°	N158°	0,51cm	0,99cm
N 25°	N167°	0,50cm	1,20cm
N 20°	N 42°	1,96cm	0,68cm
N165°		0,80cm	
N165°		0,25cm	
N170°		1,89cm	
N 10°		0,13cm	
N 10°		0,36cm	

Tabela 6.12 – Total de fraturas medidas e intervalos onde se encontram

Intervalo	Nº de Fraturas	
	Iracelmo	Nem
0 – 90	5	1
91 – 180	4	4
181 – 270	1	0
271 - 360	0	0

Por dedução, os valores obtidos mostram as características das pedreiras e como as fraturas se dispõem nelas de modo a que se tenham condições de sua operação (Tabela 6.13).

Tabela 6.13 – Valores que definem a distribuição de fraturas nos Círculos e, por extensão, nas pedreiras de Santana do Cariri

Círculos de medição	José Iracelmo	Nem
Somatório das Fraturas	6,28cm	4,07cm
Área do Circulo	314cm ²	314cm ²
Densidade	0,02cm ⁻¹	0,01cm ⁻¹

A densidade de fraturas é pequena o que não impede de criar condições de fragmentação das laminações.

Os diagramas de roseta (Figs. 6.10 e 6.11) mostram valores que, na pedreira de José Iracelmo, a média das fraturas se encontra na direção 10Az a 20Az, quase N – S, e na pedreira de Nem, 70Az a 80Az, representando duas distintas famílias de fraturas.

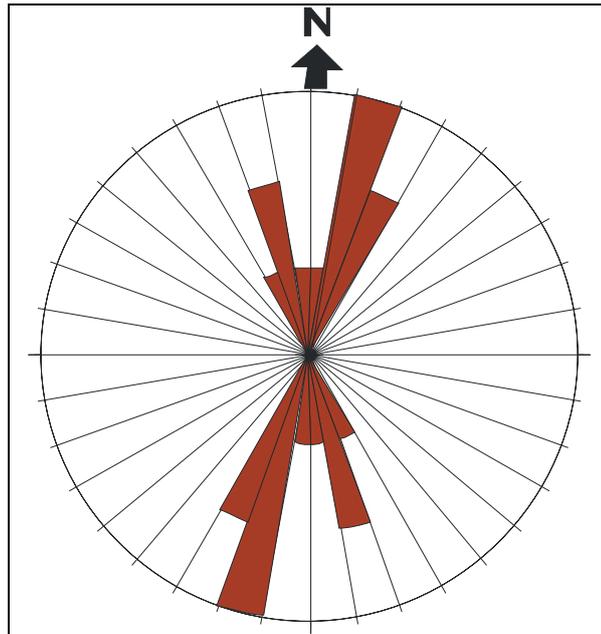


Figura 6.10 – Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo da pedra de José Iracelmo (Cantagalo).

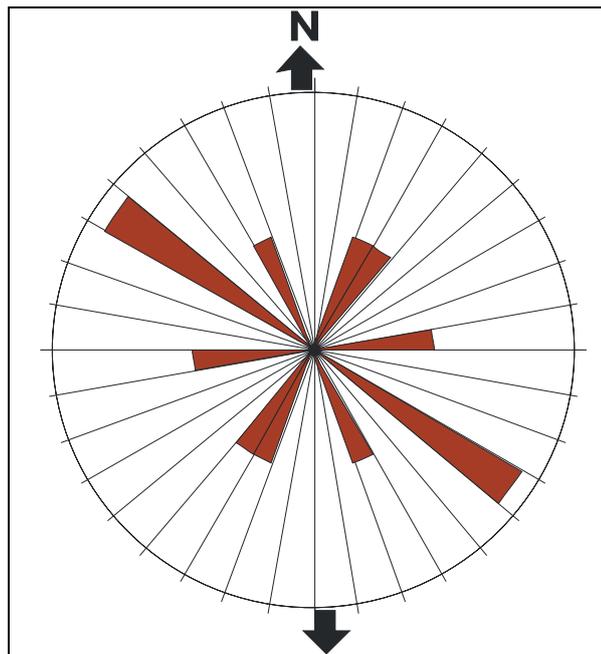


Figura 6.11 – Diagrama de roseta relativo às fraturas do Círculo da pedra de Nem (Baixio do Mota).

Os diagramas polares dessas duas pedreiras, no que se refere às medidas feitas, mostrados nas Figs. 6.12 e 6.13, de maneira semelhante, resultam em estereogramas dos planos de fraturas medidas, ou seja, são pólos da 90° desses planos, com os dados de campo, como número de fraturas medidas, e o *peak* (35,90 em Cantagalo e 39,35 em Baixio do Mota), além do Sigma, que é o percentual de fraturas de um total $K = 100$ (0,08 e 0,05 respectivamente).

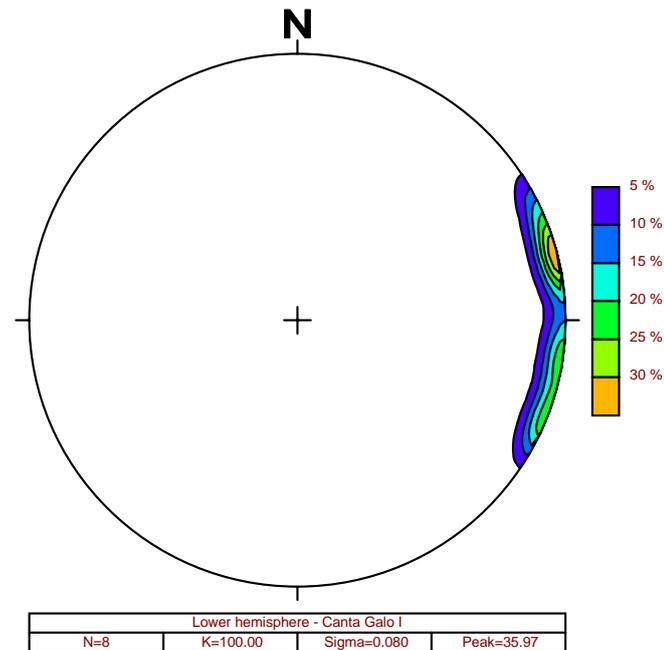


Figura 6.12 – Diagrama polar das fraturas do Círculo da pedra de José Iracelmo, afloramento 5 (Cantagalo).

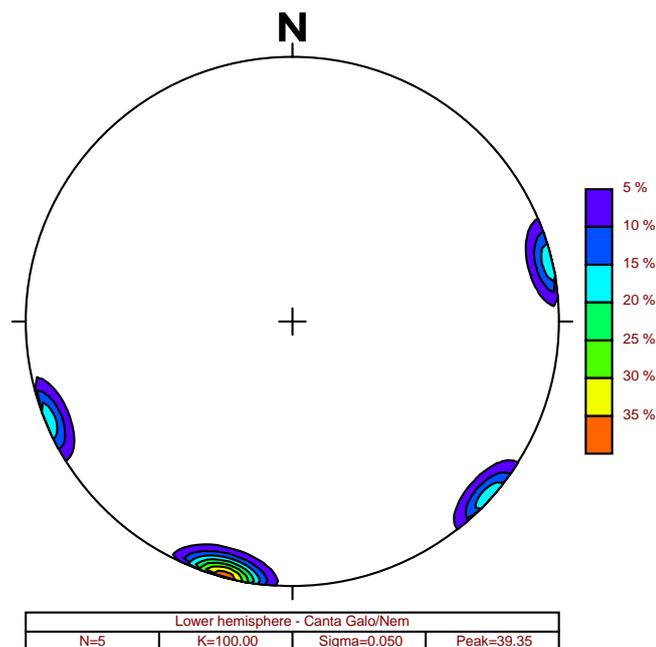


Figura 6.13 – Diagrama polar das fraturas do Círculo da pedra de Nem, afloramento 6 (Baixio do Mota).

6.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em analisando os parâmetros obtidos pelo método do estereograma, observa-se que as direções preferenciais das fraturas se resumem no seguinte:

- Pedreira do André (afloramento 1, Pedra Branca) – estão todas no intervalo entre 90° e 180° , o que mostra a tendência de fraturamento para NW;

- b) Pedreira do Idemar (afloramento 4, Pedra Branca) – sete estão no intervalo de 0° a 90° e cinco no quadrante NW; há uma divisão quanto à direção preferencial; talvez seja a razão do cruzamento de fraturas das Fotos 6.2 e 6.4;
- c) Pedreira de Sérgio Major (afloramento 2, Tatajuba) – das seis medidas, quatro estão entre 91° e 180° e as outras duas de 0° a 90° , tendência mais para NW; aí nota-se que as fraturas podem ter cruzamento, como no afloramento 4 (Idemar);
- d) Pedreira de Antônio Felipe (afloramento 3, Tatajuba) – há um caminhamento para NW, mesmo com as quebras de material nas fraturas;
- e) Pedreira de José Iracelmo (afloramento 5, Cantagalo) – as fraturas parecem estar se concentrando na direção NNE, bem próximo ao norte verdadeiro; as quebras não são muito freqüentes; e
- f) Pedreira do Nem (afloramento 6, Baixio do Mota) – fraturas mostram inclinação para quase oeste, ou melhor, para WNW.

6.5 LEVANTAMENTO PRELIMINAR

As medições feitas em uma pesquisa preliminar de campo, ou seja, sem usar diretriz de metodologia específica para tal serviço, encontram-se na Tabela 6.14, na qual são visualizadas as tendências tectônicas da Bacia, com relação a esta região.

O resultado, na realidade, não leva a qualquer entendimento, pois em cada local as características são inerentes e, em sendo obtidas de modo aleatório, as medidas parecem não revelar tendências de direções que pudessem orientar as operações mineiras de modo a minimizar as constantes quebras das placas e das lajes de calcário laminado.

A interpretação do quadro revela que as tendências maiores das direções são para os dois quadrantes mais ao norte; o NNW, com dezoito leituras, nas regiões sul e oeste (seis leituras cada) e NNE, com dez leituras, na região norte (cinco leituras). Parecem ser realmente as direções preferenciais.

Isto é semelhante às medidas totais dos seis afloramentos, mas é preciso ter medidas de cada um deles para se saber as tendências locais e proceder a um plano de corte dos calcários laminados.

No aspecto estrutural, também, esforços tectônicos não foram observados em todos os afloramentos. Como expresso anteriormente, só os da região oeste (Tatajuba) é que se supõe que um aumento do soterramento provocou maior compactação, dando maior resistência ao material, conferindo-lhe um melhor aproveitamento para fins comerciais e artesanais.

Tabela 6.14 Parâmetros medidos em pedreiras das três regiões da área do projeto

Medições feitas nas pedreiras	Região Norte			Região Sul			Região Oeste		
	André	Idemar	Total parcial	Canta galo	Baixio Mota	Total parcial	Sérgio Major	Antônio Felipe	Total parcial
N – S				02					
W – E				01					
	00	00	00	03	00	03	00	00	00
N 10° E				01		01			
N 15° E		02	02	02		02		01	01
N 25° E				01		01			
N 30° E	01		01						
N 40° E	01		01						
N 45° E	01		01						
Qdr. NNE	03	02	05	04	00	04	00	01	01
N 50° E							01		01
N 55° E								01	01
N 60° E		01	01	01	01	02			
N 70° E	01		01						
Qdr. ENE	01	01	02	01	01	02	01	01	02
N 05° W		01	01	01	01	02	01		01
N 15° W	01	01	02	02		02			
N 20° W		01	01						
N 25° W							01		01
N 30° W					01	01	01	02	03
N 45° W					01	01		01	01
Qdr. NNW	01	03	04	03	03	06	03	03	06
N 50° W								02	02
N 65° W					02	02			
N 70° W							01		01
N 75° W					01	01			
N 85° W	01	01	02						
Qdr. WNW	01	01	02	00	03	03	01	02	03
Sub-total	06	07	13	11	07	18	05	07	12
TOTAIS	13			18			12		

6.6 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO PRELIMINAR (Geral)

Em virtude de a obtenção de medidas nesse processo ter sido a convencional, ou seja, simplesmente medir as direções e mergulhos das fraturas e suas aberturas, não seria possível registrar os diagramas de roseta e os de polaridades com o programa *Stereonet*. Outro programa não disponível poderia fornecer o comportamento de uma infinidade de pontos normais aos planos de fraturas.

Assim mesmo, é possível ter-se a idéia da distribuição de modo gráfico e também numérico.

6.7 SCANLINE OU LINHA DE CAPTAÇÃO

A fim de se ter mais dados técnicos a respeito do comportamento das fraturas e que sentido dar às condições de trabalho, objetivando um mínimo de perdas de material, foi realizado um teste na pedreira de Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca).

Foi estendida uma linha de 10m na direção 315Az, como mostra a Foto 6.7, com as seguintes características:

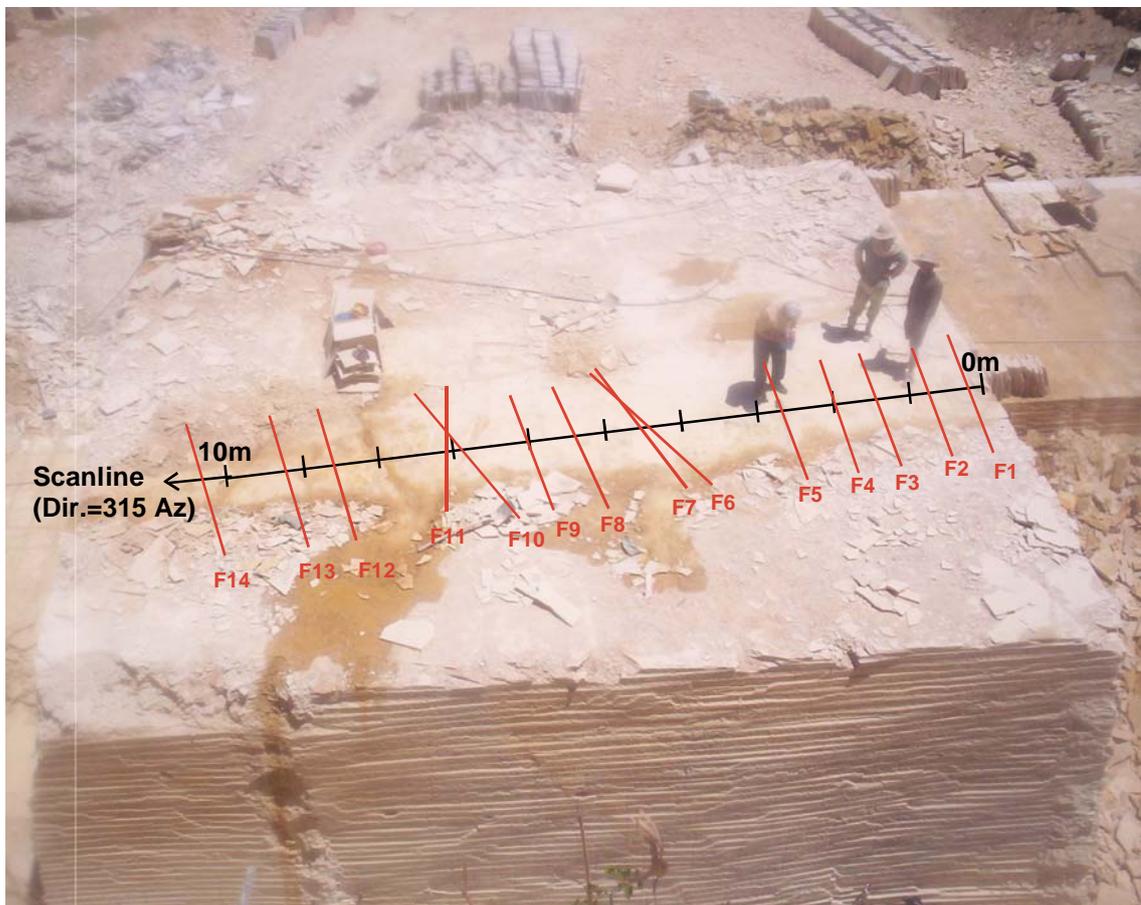


Foto 6.7 – Visão de parte de uma das bancadas da pedreira de Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca) e parede lateral, com a Linha de captação na direção 315Az dividida em metros (pequenos traços pretos) com diferentes traços vermelhos interceptando-a, que são as fraturas medidas com suas respectivas aberturas proporcionais; as linhas mais largas são de fraturas mais abertas (do autor).

- direção da linha, expressa em azimute – posição perpendicular à direção da maioria das fraturas medidas em toda a área de trabalho (230Az);
- as medições foram feitas da origem ao local onde a fratura interceptava a linha em unidade de distância; e

- c) as aberturas de cada uma delas foram aferidas com um gabarito especial para essas medições, contendo frações de milímetro, cujos valores se encontram na Tabela 6.15.

Observa-se ainda que as fraturas, em sua maioria, prolongam-se até 2m a 5,5m abaixo da superfície, o que revela sua tendência para fraturamento. Isto, então, é um anúncio de como as atividades mineiras devem se ater:

- a) escolher a direção em que as fraturas estão se estendendo; e
- b) dar preferência às direções das fraturas mais abertas.

Com isso, espera-se que as quebras e perdas se reduzam ao mínimo possível, aumentando os ganhos com os trabalhos operacionais.

A Tabela 6.15 mostra os parâmetros encontrados neste trabalho realizado, considerado de importância para o estabelecimento de parâmetros de corte do material a ser extraído com um mínimo de perda..

Uma análise da Tabela seguinte mostra que duas fraturas abertas (5 e 11) têm aberturas da ordem de 10mm e 2,15mm respectivamente, com direções de 240Az e 230Az, a preferencial da área como afirmado anteriormente, o que equivaleria a dizer que estas direções seriam as passíveis de realizar muitas quebras nas lajes. Assim, seria melhor que a direção dos cortes estivesse bem paralela a elas.

Tabela 6.15 – Parâmetros de medições de fraturas de *Scanline* na pedreira de Idemar, afloramento 4 (Pedra Branca)

Fratu- ra nº	Distância em cm (a partir da origem)	Espessura em mm	Azimute (direção)
1	0.33	0.215	240
2	0.79	0.620	237
3	1.55	0.175	235
4	2.01	0.140	233
5	2.80	10,000	240
6	4.42	0.750	164
7	4.70	0.095	185
8	5.40	0.400	230
9	6.16	0.400	225
10	6.90	0.265	170
11	7.10	2.150	250
12	8.70	0.750	237
13	9.26	0.140	235
14	10.34	0.330	235

Tal decisão foi recomendada ao proprietário da pedreira, por meio do capataz da mina. Prevê-se que seja seguida e os resultados positivos surjam.

Essas direções principais das fraturas medidas em Idemar coincidem com as direções das falhas do embasamento (nesta área), definidas por Ponte & Ponte Filho (1996).

7 ANÁLISES ECONÔMICAS

O Governo do Estado do Ceará, iniciado em 1995, idealizou o Plano de Desenvolvimento Sustentável 1995-1998 (CEARÁ. GOVERNADOR, 1995), objetivando dotar uma sociedade harmoniosa com a Natureza, espacialmente equilibrada, democrática e justa, com uma economia adequada à Cultura, à Ciência e à Tecnologia, abrangendo o Território cearense com a interiorização de ações de interesse para realizar o crescimento econômico das 20 regiões em que o Estado está dividido.

A finalidade primordial é a melhoria em curto prazo da qualidade de vida dos cearenses, protegendo o Meio Ambiente, distribuindo o espaço físico de modo ordeiro e equilibrado, capacitando a população em conhecimentos mínimos de sobrevivência, fazendo crescer a Economia com geração de empregos e redução de desigualdades, aprimorando os níveis de cultura, ciência e tecnologia e melhorando a qualidade da gestão pública.

A estratégia era usar parcerias com outras esferas de governo, poderes, sociedade civil, setor privado, organizações não governamentais, instituições financeiras nacionais e estrangeiras, entidades de cooperação técnica do País e do Exterior e a própria comunidade. Para isso, efetuaria articulações para atrair recursos que suportassem as ações, como instrumentos de mobilização, de estímulo à criatividade, reconhecendo o Ceará como parte integrante do Nordeste brasileiro.

Dentre os quase vinte setores de atividades contemplados no Plano, o da Indústria e Mineração mereceu destaque no capítulo dos PROGRAMAS ESTRUTURANTES NA ÁREA DE GERAÇÃO DE EMPREGO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL DA ECONOMIA (op.cit.). O Plano classifica-o como capaz de reverter o quadro de extrema pobreza, por ajustar-se melhor às condições climáticas e constituir-se importante para a melhoria dos indicadores e redução de disparidades inter-regionais do Estado.

O Programa previa capacitação e aprimoramento da mão-de-obra em todos os níveis da produção para constituir vantagem local na atração de investimentos, mormente no interior do Estado.

Especificamente, a situação geográfica da área do projeto é *sui generis* no semi-árido nordestino, localizando-se na notável Depressão Nordestina, extensa feição geomorfológica brasileira, tornando a Chapada do Araripe, com altitudes que variam de 800m a 960m, um oásis climático, com temperaturas semelhantes às de montanhas nas quadras invernosas, principalmente na parte norte em território cearense, corroborando os termos do Plano.

Em acréscimo e face ao sentido geral do mergulho para norte (lado cearense) das camadas areníticas superiores serem permoporosas e daquela imediatamente a estas sotopostas ser quase impermeável, as águas de infiltração provocam o surgimento de exutórios ou nascentes, alimentando as redes de drenagem dos vales cearenses, melhorando as condições fisiográficas das microrregiões que integram o Cariri Setentrional, pelo menos até o primeiro quartel do século em curso.

A região do Cariri é detentora de outros recursos naturais que podem atender às exigências e finalidades do Plano idealizado pelo Governo estadual e promover o aprimoramento da qualidade de vida dos habitantes de cidades com populações grandes, no Nordeste e no semi-árido, beneficiando o Estado cearense e outros vizinhos, igualmente dispondo de recursos não aproveitados no momento.

Os recursos minerais na região em tela se destacam em substâncias ou minerais não metálicos de grande utilização nos afazeres humanos. São os calcários laminados e minerais de sulfato, destacadamente a gipsita, a anidrita e assemelhados, conhecidos como gesso largamente usado na indústria de decoração. Todos provêm de sedimentação química em um grande lago que dá origem à Bacia Sedimentar do Araripe, dotada também de bens paleontológicos de imenso valor científico.

Desses recursos, a região se beneficia com a produção de cimento pozolânico de Barbalha e do gesso calcinado e moído de Nova Olinda, além de inúmeras cerâmicas de argila vermelha que produzem tijolos, telhas e assemelhados que se espalham por toda a encosta da Chapada e nas várzeas de rios e riachos do Cariri.

Há ainda o calcário laminado, matéria-prima principal de cimento na região, mas é usado em outras obras: produção de ladrilhos para pisos e revestimentos em serviços de construção civil, que é o foco deste trabalho.

A produção desses ladrilhos vem, praticamente, do lado cearense, no Cariri central, onde se concentram os setores de mineração, beneficiamento e

comercialização do produto. Os extratores de Nova Olinda e Santana do Cariri, no Ceará, têm cerca de 280 pedreiras (Roberto, 2005), produzindo 80% (oitenta por cento) do material comercializado. Os demais mineradores do Ceará (Crato, Barbalha e Missão Velha) e de Pernambuco comercializam os 20% (vinte por cento) restantes.

Usados em obras de Engenharia Civil (Vide Foto 5.20), nas quais o desgaste por movimentação em cima deles é menos intenso (V. especificações no capítulo 5), tem a menor parcela do calcário, material mais resistente a quebras (tenaz), empregada na laboração de tampos de mesas (Foto 5.22), assentos de bancos, cantoneiras e suportes, prateleiras de estantes, artesanato (cinzeiros, figuras de animais etc.).

Ladrilhos que tenham dimensões diferentes dos padrões normais e regularmente oferecidos ao comércio são objetos de encomenda específica por parte do comprador (Ver Foto 5.21).

7.1 A MATÉRIA-PRIMA

Nesse contexto sócio, econômico e cultural, o Governo do Estado procura ou planeja ações para fixar o homem no campo e dar condições de emprego e renda a quantos pensam em emigrar para centros mais adiantados na procura de meios de subsistência.

Pensa em aproveitar os recursos, ajudando o trabalhador rural para que seja provido de meios de sustento próprio e de seus familiares, resolvendo um problema social de inclusão dos menos favorecidos à Sociedade.

Assim, a camada carbonática presente em todas as pedreiras desses dois municípios é a C6, mais espessa e mais compacta do que as outras cinco camadas (V. Figuras 5.2 e 6.1), é o objeto de trabalho que pode dar esse suporte, inclusive através de um arranjo produtivo local – APL, como uma aglutinação de todos para o bem estar global.

Na região oeste (Tatajuba), que fica próxima à borda da Bacia, parece ter ocorrido pequena reativação tectônica, propiciando maior compactação dos carbonatos da Formação Crato. É nesta parte da Bacia que há material mais resistente do que os ladrilhos comuns.

A posição geográfica dessas pedreiras foi comentada em capítulo anterior e nela as operações mineiras dentro do calcário propriamente dito são facilitadas.

Localizam-se na vertente da Chapada, uma das feições geomórficas presentes, que, em alguns pontos, formam pequenos morros entre vales de rios e riachos da rede hidrográfica regional.

Na abertura da frente de lavra, o minerador tem de enfrentar problemas de estéril, como solos com húmus e material carbonático altamente alterado. Com o andamento dos trabalhos, mais material não aproveitável vai aparecendo e, como o espaço é pequeno, vai se acumulando na área de trabalho, comumente denominada “praça” (Foto 7.1).



Foto 7.1 – Pedreira do afloramento 3, Tatajuba, de Antônio Felipe, onde o entulho (rejeito mineral) ocupa espaço maior que a área operacional, pedreira e serraria, ao fundo, o que já representa um ato de agressão ao Meio Ambiente (do autor).

7.1.1 Produtos de calcário

A fim de minorar e legalizar a situação das áreas, a CODECE (1997), antiga empresa de mineração do Estado do Ceará, requereu dez áreas, num total de 9.000ha (nove mil hectares), realizou pesquisa e elaborou relatório objetivando agregar os mineradores, mormente em associação. Atualmente, algumas dessas áreas estão sob o responsabilidade da Associação de Mineradores de Nova Olinda.

Em complemento, a CODECE (op.cit.) apresentou modelo simples para investimento no setor, a preços da época, no valor de US\$ 15,000.00 (quinze mil

dólares americanos), dividido em Imobilizações (terreno, construção civil, máquinas e equipamentos, montagem e reserva técnica, totalizando US\$ 10,820.00) e Capital de giro (US\$ 4,000.00), baseado em uma produção média anual (10 meses) de 22.000m² de lajes, ao preço F.O.B. (*Freight On Board*) de US\$ 3.50 (três dólares e cinquenta centavos).

O projeto previu receita anual de US\$ 77,000.00 (setenta e sete mil dólares americanos) e cobriria despesas, inclusive depreciações, no valor de 69,016.00 (sessenta e nove mil e dezesseis dólares americanos), resultando um “lucro operacional” (**sic**) de US\$ 7,984.00 (sete mil, novecentos e oitenta e quatro dólares americanos). Tal projeto não foi implantado por discordância entre os mineiros.

Nas diversas atividades de mineração, trezentas ou mais pessoas são necessárias em 45% das pedreiras em operação. A maioria delas não tem registro de vínculo empregatício, recebendo os trabalhadores por produção. Quando o trecho da pedreira é local pouco produtivo (alterado ou quebradiço), a receita é praticamente nula.

Nos dias atuais, segundo Roberto (2005), existem 29 áreas bloqueadas pelo DNPM, das quais cerca de um terço foi requerido para gipsita (5), argila (5) e quartzito (1), provavelmente ligadas a empresas não exploradoras do calcário para lajes, ficando as demais para o próprio calcário laminado.

Dessas 29 áreas, doze são em Nova Olinda e 17 em Santana do Cariri. Os processos estão nas seguintes fases: Registro de Licenciamento (três para argila), Alvará de Pesquisa (nove para calcário e um para cada uma das substâncias argila, quartzito e gipsita), Requerimento de Lavra (oito para calcário) e Concessão de Lavra (quatro para gipsita, um para calcário e um para argila).

O produto final da exploração dos carbonatos são ladrilhos ou lajes, geralmente quadrados, em dimensões que permitam o mínimo de perdas na obtenção deles. Por isso, é sempre colocado um excesso para cada lado da placa de duas unidades a ser cortada, produzindo as duas lajes desejadas.

Em analisando a fabricação desses ladrilhos de per si, defrontam-se as seguintes condições de aproveitamento e perdas nos métodos de corte:

a) ladrilhos de 20cm x 20cm

as placas são cortadas com dimensões de 45cm x 25cm = 1.125cm² = 0,1125m²; este valor deve ser multiplicado por 8,8888 fator para completar uma placa de 1m²; deduzindo a área de excesso, a placa final seria de

0,7111104m² que, no bloco teórico de 1m³, corresponderia a 71,11% de material aproveitado;

b) ladrilhos de 30cm x 30cm

analogamente, neste caso, a placa (65cm x 35cm) é de 2.275cm² = 0,2275m² e o fator da placa 4,395604 equivalendo a 79,12% de material aproveitado;

c) ladrilhos de 40cm x 40cm

de igual modo, a placa (85cm x 45cm) tem 3.825cm² = 0,3825m² e o fator 2,614379, correspondente a 83,66% de material aproveitado; e

d) ladrilhos de 50cm x 50cm

identicamente aos casos acima, a placa (105cm x 55cm) fica com 5.775cm² = 0,5775m² equivalente a 86,58% de material aproveitado.

A continuidade desse raciocínio levaria a um aproveitamento teórico máximo de material acima de 99%, em face do excesso de placa cortada na pedreira, donde se deduz que a quantidade de material aproveitado é proporcional às dimensões dos ladrilhos.

Se o minerador optar por cortar placas individuais de 25cm x 25cm, 35cm x 35cm, 45cm x 45cm ou 55cm x 55cm, e não duplas, os percentuais de aproveitamento serão menores, respectivamente: 64,00%, 73,47%, 79,01% e 82,64%.

Por esta razão, os que beneficiam tais produtos preferem trabalhar com placas de maiores dimensões. Há ainda casos em que o consumidor quer um tipo especial de ladrilho/laje. Para isso, deve ser encomendado o pedido ao revendedor/ produtor nas dimensões desejadas, assumindo o ônus do preço que é mais alto do que o do produto feito em série.

Com a introdução de máquinas de corte em praticamente todas as pedreiras da região, no entanto, os mineradores buscam extrair as placas com 8cm a 10cm de espessura quase justamente nas dimensões ótimas para as vendas, reduzindo o desperdício ao mínimo possível e esperado.

7.2 COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS

Os preços FOB de venda nos mercados consumidores, no Ceará, variam de US\$ 3.50 (três dólares americanos e cinquenta centavos) e US\$ 4.25 (quatro dólares americanos e vinte e cinco centavos) o metro quadrado (m²) em placas sem

polimento ou agregado, com espessura máxima de 2cm, em Fortaleza, que responde por 50% (cinquenta por cento) da demanda do Cariri. No câmbio, seriam R\$ 9,60 (nove reais e sessenta centavos) a R\$ 10,00 (dez reais).

Para conseguir vender bem seus produtos, entretanto, há um minerador que sempre se adianta com inovações no setor. Foi ele quem colocou as primeiras máquinas de corte (primitiva e atual nas Fotos 5.16a e b) na região. Agora dispõe de uma polidora simples (para uma só placa) e tem mais lucro que os demais.

A extração processada nas pedreiras de calcário laminado na região, se não estiver em áreas aprovadas pelo DNPM, é um procedimento não legal, estando as autoridades governamentais, técnicos do Governo e os mineradores procurando, a todo o custo, regularizar a situação, principalmente aquelas ligadas ao Ministério do Trabalho.

Este aspecto se torna relevante porque os trabalhos mineiros absorvem grande contingente de trabalhadores diretos e indiretos nos períodos secos e não chuvosos. As serrarias não sofrem muito se forem abastecidas suficientemente de placas para trabalhar nos períodos não produtivos.

A despeito dessas anomalias burocráticas, o produto final é normalmente vendido na região e exportado para cidades do Cariri e adjacências, inclusive Fortaleza, sendo recolhido o imposto correspondente nos postos da Fazenda estadual (barreiras fiscais).

Vale ressaltar que esse período não prevê que a produção de material extraído, beneficiado ou não, nos tempos chuvosos e com estradas não secas completamente, com difícil acesso a maior número de pedreiras da região, fica, em sua maioria, retida nas “praças” aumentando as perdas em muito, mesmo com o uso de máquinas de corte.

Além disso, as perdas naturais e operacionais chegavam a cerca de 71% do material extraído (Oliveira, 1998), embora alguns técnicos admitam que as naturais devam ser excluídas, pois o minerador deveria prevêê-las.

No caso em questão, o minerador não tem como realizar a pesquisa para avaliar seu conteúdo total, não esperando encontrar tantos problemas. É clara sua frustração porque essas situações ocorrem com muita freqüência.

7.3 ESTUDOS DO REJEITO MINERAL

A quantidade de material não aproveitado na fabricação de ladrilhos, conforme estimativas efetuadas por Oliveira (op.cit.), alcança valor realmente alto, 70,81% → 276,16m³, de um bloco-padrão ou pedra hipotética de 390,0m³.

Deste total, pequena parte é irrecuperável, como no caso de dissolução cárstica (3,93% → 15,34m³), reduzindo o total para 66,88% → 260,82m³, o que é um montante muito grande de material que pode ser usado para outros fins.

Isto porque, diferentemente da maioria de outras substâncias minerais, as rochas carbonáticas detêm vasta gama de usos e outras condições que as classificam como excelentes para serem utilizadas.

As qualidades técnicas mais inerentes às rochas carbonáticas em estudo são, dentre outras:

- a) calcário calcítico, com teor acima de 95% de CaCO₃ (Oliveira, 1998), com baixíssima quantidade de sílica e de outros componentes comuns na composição de carbonatos;
- b) extração, em todas as pedreiras e ao longo de grande parte da Chapada, extremamente facilitada pelas feições geomórficas favoráveis, onde se insere;
- c) rede de estradas asfaltadas e vicinais (nos períodos secos) que permite o acesso para transporte/tráfego de material das pedreiras para os centros de beneficiamento e consumo; e
- d) custos baixos para investimentos necessários e suficientes na instalação de unidades de beneficiamento de calcário, podendo, em uma análise de caráter comunitário, ser objeto de organização de grupos de pequenos mineradores em associações ou cooperativas de produção.

7.3.1 Arranjos Produtivos Locais – A P L

É no contexto do Setor da Indústria e Mineração dos Programas Estruturantes do Plano de Desenvolvimento Sustentável que os carbonatos aptianos da Bacia Sedimentar do Araripe se inscrevem, sendo de grande interesse do Governo estadual o conhecimento das possibilidades de criar e fomentar emprego e renda nesta parte do Estado, tão pleno de recursos latentes.

O Governo do Estado, por meio da então Companhia de Desenvolvimento do Ceará – CODECE, da Secretaria do Desenvolvimento Econômico – SDE e,

posteriormente, pela Secretaria da Ciência e Tecnologia do Ceará – SECITECE, em parceria com o Instituto de Ensino Tecnológico – CENTEC e o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Ceará – SEBRAE-CE, planejou o projeto Arranjo Produtivo Local de Base Mineral do Calcário Cariri no Ceará.

A execução está sendo feita mediante Convênio da SECITECE com o Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, com financiamento do Fundo Setorial Mineral do CT-Mineral do MCT e da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, com verbas da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP.

O projeto recebe ainda colaboração de pessoal qualificado do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, Universidade Regional do Cariri – URCA, Associações de Produtores e Prefeituras Municipais envolvidas, além do CETEM, SECITECE, SEBRAE e outras secretarias do Governo, relacionadas às atividades gerais e específicas do empreendimento.

Engloba atividades que vão desde a pesquisa até o beneficiamento, passando pela lavra, beneficiamento, melhoria de equipamentos de corte e por análises e ensaios tecnológicos.

O projeto abrange áreas de quatro municípios: Nova Olinda e Santana do Cariri, com a produção da *pedra Cariri* da Formação Crato, e Farias Brito e Altaneira, com a produção de cales virgem e hidratada de calcário cristalino de rocha metamórfica do embasamento.

Na fase preliminar, foram realizadas ações para trabalhos posteriores do projeto, com esforços conjuntos do pessoal do 10º Distrito do DNPM, da Superintendência do Meio Ambiente do Estado do Ceará – SEMACE e do SEBRAE-CE, visando a:

- a) implementação de ações diversas para obtenção de direitos minerais;
- b) realização de testes e ensaios tecnológicos para especificar o tipo e a qualidade dos produtos;
- c) adequação de extração e beneficiamento dos carbonatos;
- d) organização de uma rede de cooperação com instituições financeiras;
- e
- e) suporte técnico de entidades governamentais federal, estadual e municipais.

Antes dessas ações terem sido executadas, o Governo tomou algumas iniciativas, citadas por Vidal & Padilha (2003), que deveriam encorajar os empresários e mineradores na realização desse trabalho em conjunto, com base em plano cientificamente concebido.

As ações foram:

- a) promover viagem de dez produtores de Nova Olinda e Santana do Cariri à região de Papagaio, nordeste de Minas Gerais, para observação *in loco* de operação de máquinas de corte com disco diamantado (**sic**) de uma mineração de ardósia, tendo resultado na compra de várias unidades pelos produtores (um minerador de Tatajuba já havia feito dita compra e operava com sua máquina desde 1996), *reduzindo substancialmente a perda que girava em torno de 70% na extração da “pedra Cariri”*;
- b) pesquisar oito áreas requeridas pela CODECE em Santana do Cariri, num total de 3.539,9ha (três mil, quinhentos e trinta e nove hectares e noventa ares), para legalizar a situação junto ao DNPM, apresentando Relatório de Pesquisa que, aprovado, não teve a procura desejada pelos produtores nem pelas autoridades municipais; atualmente, essas áreas estão em disponibilidade;
- c) pesquisar três áreas de calcário laminado no município de Nova Olinda, requeridas pela Associação dos Produtores de Lajes de Nova Olinda, apresentando relatório que, aprovado, legalizou 2.668,32ha (dois mil, seiscentos e sessenta e oito hectares e trinta e dois ares), que estão sendo explorados por 800 produtores de lajes;
- d) obter água de quatro poços profundos, sendo três em Nova Olinda e um em Santana do Cariri, para abastecimento das pedreiras, providas de máquinas de corte com disco diamantado; e
- e) implantação de rede de energia elétrica de 9km entre Nova Olinda e Santana do Cariri, visando ao suprimento dessas pedreiras com as máquinas de corte.

Arranjo produtivo local – APL é a denominação de ampla ação em cadeia atuando em fatores que afetam o desenvolvimento tecnológico e a competitividade de empresas, com responsabilidade social e ambiental, tornando viável e sustentável programa setorial integrado.

A tentativa foi iniciada, várias reuniões realizadas, projetos aprovados e executados parcialmente, como instrumentos de aplicação de política pública de indução ao desenvolvimento tecnológico. O desinteresse, porém, foi tomando conta, principalmente dos membros da Associação e mineradores independentes, de forma que o processo está parado e parece que nada tem sido feito para lhe dar continuidade.

O órgão da SECITECE que está responsável pela coordenação dos trabalhos de APL, não só nesta área em questão como em outras nas circunvizinhanças dela, já realizou projeto, tem projetos em andamento e ainda outros que fazem parte de metas do Governo para o desenvolvimento da região sul do Estado do Ceará.

Dentre eles se destacam:

a) projetos já realizados (os sublinhados são metas físicas do APL)

Melhoria do conhecimento dos depósitos

- **Amostragem e caracterização mineral;**
- **Estimativa das reservas minerais.**

Conhecimento do uso do calcário

- **Testes e ensaios químicos e físicos;**
- **Ensaio de caracterização tecnológica.**

Recuperação de áreas degradadas

- **Demonstração de área degradada e difusão entre mineradores.**

Viabilização de infra-estrutura (estradas, energia, água)

- **Viabilização de redes viária, elétrica e de abastecimento de água.**

b) Projetos em andamento

Melhoria do processo de lavra

- **Demonstração de abertura e operação de frente de mineração;**
- Teste com máquinas para material duro;
- Técnicas de coleta de fósseis no calcário.

Melhoria no beneficiamento

- **Melhoria de máquina para laje existente;**
- **Melhoria de máquina de calibração existente;**
- **Melhoria de máquina de corte e beneficiamento de material duro.**

Identificação de opções de aproveitamento do rejeito mineral

- **Caracterização de rejeito de lavra/beneficiamento;**
- **Análise de opções de uso em novos produtos.**

Regularização das áreas de trabalho/questões trabalhistas

- Apoio a requerimento de áreas não oneradas e oneradas;
- **Apoio a mineradores para formação de parcerias entre titulares de áreas;**
- **Apoio para regularização de vínculo empregatício de trabalhadores.**

Educação e conscientização ambiental

- Cursos, seminários e visitas técnicas a mineradores;
- Campanha de orientação e conscientização da preservação de fósseis.

Implementação do modelo de segurança

- Formação de Câmara Técnica e seu funcionamento;
- Reuniões periódicas da Câmara, comunidades e interessados;
- Elaboração de diagnósticos e relatórios de acompanhamento de projetos;
- **Apoio a movimentos de cooperativismo e associativismo.**

Capacitação técnica gerencial e de recursos humanos

- Cursos de capacitação e produção;
- **Cursos em higiene e segurança do trabalho;**
- Cursos de capacitação gerencial/comercial;
- Montagem de oficina e treinamento artesanal e cantaria.

c) Projetos planejados

Aproveitamento de efluentes na produção de lajes

- Estudo de opções de reaproveitamento de águas e resíduos nas operações mineiras.

Preservação e divulgação do Patrimônio natural

- Apoio a projeto de turismo científico/ambiental.

Incubação de empresas

- **Apoio à formação de empresa de artesanato;**
- **Apoio à formação de empresa de artes e ofícios (cantaria).**

Marketing

- Criação de logomarca e proposição de estratégia de divulgação;
- **Participação em feiras de exposição e de negócios.**

Aprimoramento de processos de comercialização dos produtos

- Apoio à criação de Central de comercialização de artigos;
- Criação de padrões de classificação.

Ao todo são cerca de 30 projetos, sendo 11 com interesse direto nas operações mineiras (em negrito), seis com importância relativa a esses trabalhos (em azul) e os demais para a área de beneficiamento de produtos, sua comercialização e seus problemas.

Muito pouco se aborda no aproveitamento do rejeito, que é pedra angular da situação ali. Como retirá-lo das pedreiras sem muitas quebras e realizar seu aproveitamento no âmbito da região e adjacências. Algumas sugestões são dadas e apresentadas neste capítulo. Em outro trabalho (Oliveira, 1998), foi listada uma série de opções que ajudariam a aproveitar o material. Nada foi feito.

7.3.2 Volume extraído das pedreiras

O rejeito das pedreiras é material que pode ter várias aplicações, em proveito da comunidade e, como aqui afirmado, com despesas relativamente baixas, favorecendo oportunidades de emprego e renda.

Em se antecipando a esse uso, a direção técnica de indústria de cimento da região desloca cerca de 8 a 10 carretas de 25m³ de capacidade com material carbonático não aproveitado para ladrilhos, desde fins de 1997, iniciando nas serrarias e passando para áreas mineiras com praças espaçosas e assim agregar aos insumos do cimento pozolânico, pagando tão somente o tributo devido nas barreiras fiscais. Já seria de 700.000m³ e mais o volume retirado das áreas de mineração.

Se se considerar que este material, segundo estimativa, representa cerca de 45% a 50% do volume total em uma pedreira de Nova Olinda, conclui-se que mais de 2 milhões de toneladas foram extraídas de parte das minas existentes na área de estudos.

A maioria das aplicações não carece de modificações significativas da rocha, como redução de tamanho (brita, pedrisco), pulverização (para calagem) e, como acontece em grandes empresas e com proprietários de caieiras, sua transformação em cal virgem ou hidratada para aplicação direta na construção ou como insumo de indústrias.

Existem ainda, entretanto, outras aplicações em que o material pode ser usado sem alteração de suas estruturas químicas e/ou mineralógicas, como é apreciado adiante.

Foi realizado levantamento de quanto material já teria sido retirado das pedreiras visitadas e apenas delas.

Nos cálculos feitos, sempre foram considerados valores de dimensões médios tanto para o volume útil final de calcário laminado como para a canga e as perdas de material alterado e quebras na extração.

As perdas do volume total foram mensuradas em 0% a 30%, de acordo com a espessura do estéril (solos e húmus) e as de calcário laminado em 30% a 40%, em função da quantidade e do tipo das fraturas e falhas (fechadas ou abertas).

Assim, tem-se na Tabela 7.1 um resumo das operações mineiras e respectivos volumes.

Tabela 7.1 – Estimativa de perdas (calcário e estéril) nas operações de extração nas seis pedreiras visitadas, com resultado final de produção de ladrilhos

Afloramento/ pedreira	Dimensões (m)	Volumes de materiais retirados (m ³)				Prod. de ladrilhos (m ³)
		Total original	Canga	Calcário laminado	Perda de calcário	
01 André	80 x 80 x 5	32.000	9.600,0	22.400,0	6.720,0	15.680,0
02 Sérgio	60 x 12 x 7	5.040	0,0	5.040,0	3.024,0	2.016,0
03 Felipe	33 x 12 x 8	3.768	753,6	3.014,4	1.808,6	1.205,8
04 Idemar	100 x 15 x 8	27.000	8.100,0	18.900,0	3.900,0	15.000,0
05 Iracelmo	50 x 17 x 8	6.800	1.020,0	5.780,0	1.445,0	4.335,0
06 Nem	40 x 15 x 9	5.400	1.350,0	4.050,0	1.215,0	2.835,0
T O T A I S		80.008	20.823,6	59.184,4	18.112,6	51.071,8

Da tabela acima, depreende-se que as perdas totais ($20.823,6\text{m}^3 + 18.112,6\text{m}^3 = 38.936,2\text{m}^3$) correspondem a pouco mais de 48% do total de material trabalhado, representando ainda um valor mais alto que o de Oliveira (1998), mesmo operando com máquinas de corte para reduzir as quebras do material.

7.4 APROVEITAMENTO DO REJEITO MINERAL

Entre os inúmeros usos deste material, inclusive com argila, grãos de areia e silte, material ferruginoso etc. vários caminhões de 40t de capacidade da fábrica de cimento, como foi expresso, têm sido transportados para a unidade de fabricação para dosagem da *farinha* (processo seco) a ser queimada nos fornos como matéria-prima do produto ali manufaturado.

Outros estão relacionados no trabalho de Oliveira (1998) para utilização como material cru, parcialmente cru e/ou industrializado, constando de quadros no capítulo 5 Caracterização dos carbonatos, deste trabalho. Dentre estes está a produção de

cales a serem misturadas a argila e areia, em proporções ou traços estabelecidos pelo NUTEC, na confecção de tijolos solo/cal, de alta resistência e durabilidade, na construção de casas de baixo custo, em programas sociais.

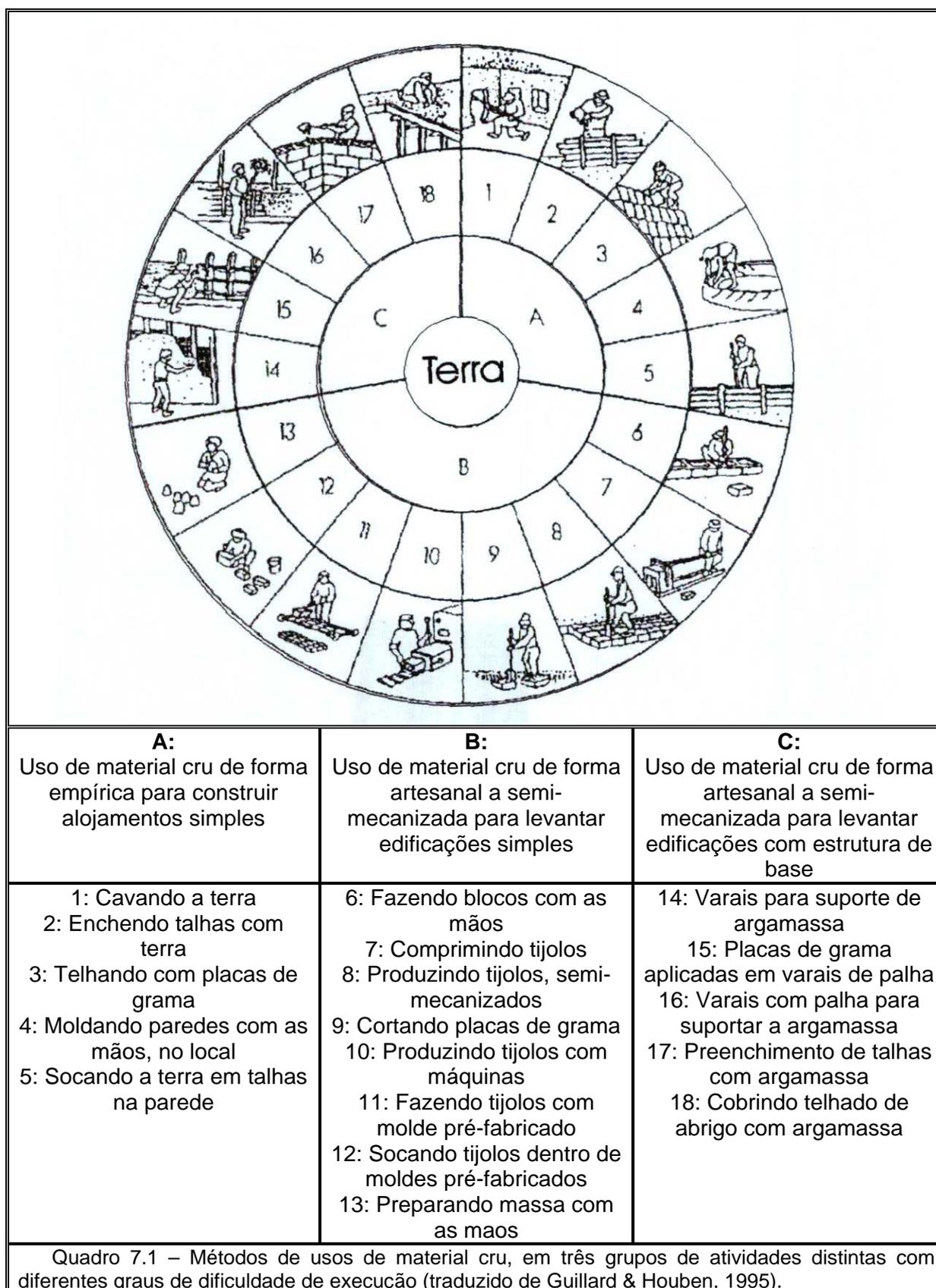
Dois cientistas franceses (Guillard & Houben, 1985), estudando a utilização de material cru, prática amplamente comum em culturas antigas – egípcia, assírio/babilônica, iduméia, sumeriana e outras – mostram vantagens **ambientais** de seu aproveitamento.

Afirmam eles que identificaram 18 métodos de usos diferentes da terra (Quadro 7.1) com capacidade de construir abrigos modestos, vilas urbanas, prédios religiosos ou mesmo palácios, sem restrições aos métodos tradicionais, podendo ser aprimorados, reduzir custos como parte para resolver a crise habitacional no mundo.

Estabelecem cinco dessas vantagens em diferentes pontos de vista: ecológico, econômico, técnico, de saúde e psicológico e ainda cultural e humano.

- a) **Ponto de vista ecológico** – contribui para o florestamento, consome energia não renovável (óleo, gás etc.); despende pouca energia com transporte, porque a obra deve ficar junto da jazida; contribui para a conservação do ambiente, pois é material reaproveitável, diferente das áreas de mineração; contribui para manutenção de agregados (cascalhos e areias); usa muito pouca água; é reciclável e não traz desperdício industrial ou químico.
- b) **Ponto de vista econômico** – mais econômico do que outros de tecnologia avançada, pois tem infra-estrutura financeira leve, com retorno de investimentos aplicados; tem flexibilidade de adaptação em administração descentralizada; cria empregos, no processo, e valor monetário agregado, que podem ser reinvestidos em outros setores, como no desenvolvimento de comunidades; economiza energia e recursos externos, macro e micro-economicamente do setor de construção, reduzindo a dívida total e da balança de pagamentos de países em desenvolvimento.
- c) **Ponto de vista técnico** – propriedades termofísicas e hídricas contribuem para a regularização do conforto ambiental e na exploração de equipamentos bioclimáticos de proteção (efusão e difusão) e de retardamento de temperatura etc.; produz e aplica ferramentas simples (moldes, prensas, frezadores e perfuratrizes leves, instrumentos de pedreiro

etc.), acessíveis aos operários desse universo e de construtores independentes.



- d) **Ponto de vista de saúde e psicológico** – não poluindo em suas aplicações, garante a ausência de efeitos de incidentes, como emissão de gases ou tóxicos, inclusive radioativos etc.; contribui para o bem-estar psicológico, mantendo as características inerentes: textura da superfície, cor, forma e luminosidade dos materiais; contribui para a beleza da paisagem.
- e) **Ponto de vista cultural e humano** – mantém a tradição de numerosos países que aplicam material cru com respeito aos seus aspectos culturais, arquitetônicos e urbanos; responsabiliza a vizinhança pela conservação do ambiente construído e, assim, contribui para a conscientização dos direitos de cidadania de todos no controle de seu Meio Ambiente.

O material parcialmente cru é geralmente empregado tendo as cales como insumos na produção de itens nos mais diversos setores.

Cincotto (1985) destaca que esse produto deve ser puro (mínimo de 88% em óxidos de cálcio e magnésio), pois permite permeabilidade e retenção de água em virtude da redução do volume de cristais romboédricos dos carbonatos para cúbicos de óxidos, após calcinação.

Para tanto, as cales devem ser usadas com propriedades padronizadas, conforme o Quadro 7.2, pois elas não são materiais quimicamente puros em transações comerciais.

Propriedade de cales	Unidade	Cal virgem		Cal hidratada	
		Óxido de cálcio	Óxido de magnésio ou magnésia	Hidróxido de cálcio	Hidróxido de magnésio
Fórmula química	-	CaO	MgO	Ca(OH) ₂	Mg(OH) ₂
Sistema cristalino	-	Cúbico	Cúbico	Hexagonal	Hexagonal
Ponto de decomposição	°C	-	-	580	345
Ponto de fusão	°C	2.570	2.800	-	-
Ponto de ebulição	°C	2.850	3.600	-	-
Calor de solução a 18°C	kcal	18,33	-	2,79	0,00
Peso molecular	-	56,09	40,32	74,10	58,34
Peso específico	-	3,40	3,65	2,34	2,40

Quadro 7.2 – Propriedades de cales teoricamente puras (extraído da Tab. 2 de Herron & Mitchell, 1966).

No emprego de material parcialmente cru, a cal é misturada com o solo, sendo três os principais usos:

- a) calagem de solos;
- b) estabilização de solos/pavimentos e
- c) fabricação de tijolos solo/cal.

Esse procedimento é conhecido como mistura solo/cal, usada em vários países, principalmente nos Estados Unidos da América, sendo que no Brasil os atos efetivos foram iniciados nos anos 70 do século XIX.

Abiko (1985) afirma que a cal só pode ser aplicada

onde o solo seja de boa qualidade ... ou em regiões de baixa ou nenhuma precipitação pluviométrica; em outros locais é aconselhável o uso de estabilizadores que são adicionados ao solo para aumentar a sua durabilidade.

Esse autor esclarece ainda que as técnicas estão normalizadas pela ABNT (NBR 8491 e NBR 8492, para especificações e ensaios de solo/cimento, respectivamente, até a data da publicação) e o seu uso leva em conta sempre, de acordo com Herron & Mitchell (1966c):

- a) qualidade do solo, analisando a distribuição granular das partículas;
- b) plasticidade;
- c) variação volumétrica;
- d) traço das misturas; sem matéria orgânica e com areias com certa quantidade de argilas para dar coesão à massa quando compactada e traçar a sua relação com o teor de umidade;
- e) pressão; absorção de água, para determinar o equivalente de umidade no campo; e
- f) resistência à compressão e durabilidade.

Segundo Pinto (1985), o uso de cal tem vantagens e desvantagens, ressaltando que

o número de aplicações não tem sido com muita intensidade ... face a dificuldades do conhecimento da ação da cal no solo e em parte às enormes diferenças nas técnicas ..., conduzindo a resultados contraditórios e dificultando a elaboração da síntese ..., com mesmo grau de confiabilidade

conquistado por outros setores similares, defendendo a utilização e a realização de experimentos com solo/cal em pavimentos e em associação com solo/cimento e pozolana, em face dos estudos feitos pelo próprio e por cientistas franceses e norte-americanos.

A mistura do solo úmido com a cal pode provocar muitos tipos de reações químicas e que se processam simultaneamente, tornando-se difícil separá-las e analisá-las. Três, porém, foram identificadas e estudadas: troca iônica, ação cimentosa e carbonatação (Herron & Mitchell, 1966b).

- Calagem é a operação de adubar ou corrigir o solo com cal (Ferreira, 1986). A recomendação de seu uso data do ano 50 a.C., segundo ABPC (1974), dada pelo poeta Vergílio e outros, na Roma antiga.

Afirma-se que, além de corretivo de solo, a cal proporciona o crescimento de raízes e, por conseqüência, de árvores, principalmente em florestas e matas, assim também em lagoas, preservando os microorganismos no Meio Ambiente. Foram estabelecidos, então, parâmetros de aplicações, tais como granulometria, período mais propício (estações climáticas) e que culturas (milho, soja, trigo, pastagens) foram objeto de experiências, nos EUA, após a 2ª Guerra Mundial.

- O uso de cal na estabilização dos solos tem aplicações em alguns setores importantes da vida humana, tais como:
 - 1) canais de irrigação (ABPC, 1973b),
 - 2) controle de poluição (ABPC, 1967b e 1973c),
 - 3) leitos de ferrovias (ABPC, 1974),
 - 4) asfaltamento de estradas (ABPC, 1973aa e 1996b) e
 - 5) pavimentação (ABPC, 1997).

Herron & Mitchell (1967) descrevem os métodos de construção desses produtos (estradas) com solo-cal, especificando cada fase ou etapa de trabalho. Afirmam ainda que o número de experiências é pequeno, geralmente não quantificando os traços de misturas nem sua composição, mas dizem que um quadro de casos apresentou resultados satisfatórios, os quais foram realizados no início dos anos 60 do século XIX.

Experiências brasileiras são comprovadas por Oliveira *et al.* (1987), em estudos de trecho de 150m da rodovia RJ 116, reportando-se ainda a estudos de laboratório de outros cientistas, inclusive franceses, em convênio com a USP, além de outro da EE de São Carlos, interior do Estado de São Paulo.

Há mais de vinte e cinco anos, a PETROBRAS aplicava solo-cal em caminhos argilosos ou argilo-arenosos de acesso às locações de poços em suas unidades de campo, bem como em construção de heliportos e estradas de apoio (ABPC, 1997), na região do rio Juruá, na Amazônia, assessorada pela empresa Carbomil, do Ceará, com resultados satisfatórios.

Igualmente, o Consórcio Nova Dutra, que explora a Rodovia Presidente Dutra, está fazendo aplicações do produto em trechos da restauração da estrada (ABPC, 1996), desde março daquele ano. Os benefícios, que incluem drenagem de taludes e aterros, canaletas, bueiros e acostamentos limpos, 65km de defensas e muros centrais de concreto, têm como fato mais notável o recapeamento de cerca de 140km da própria rodovia com mistura asfáltica com adição de cal hidratada, em vez de cimento, pó de cimento, resíduos de britagem ou terra fina, usados tradicionalmente.

Herron & Mitchell (1973) tratam ainda das limitações influenciadas pelas condições climáticas, espessuras de base e sub-bases (*sub-grade*), resistência a desgaste por uso, trincas e afogamento de misturas e outros, os quais devem ser objeto de pesquisas com o propósito de detectar erros, aprimorar tratamentos e conseguir melhores resultados em procedimentos que tendem a ter custos muito mais baixos do que os convencionais.

- A aplicação de solo/cal na fabricação de tijolos deve constituir uma das principais opções em construções civis, utilizando material rejeitado das pedreiras de calcário laminado.

Oliveira *et al.* (1987) resumem resultados de experiências abordando a relação de resistência à

Compressão com as variáveis: preparo do solo, pressão de compactação, teor de umidade na moldagem, teor e composição da cal (cálcica ou dolomítica) e teor de cura (térmica, úmida, ambiental e em estufa solar), além de variação dimensional, absorção de água, durabilidade e comportamento quanto ao assentamento e ao revestimento.

Relatam ainda que as primeiras experiências práticas foram comandadas pela ABPC, em convênio com o IPT da USP, em um projeto de construção de casas na favela Campo Limpo, na cidade de São Paulo (Foto 7.2) e, no Nordeste, pelo NUTEC, em projeto semelhante na cidade de Limoeiro do Norte (Foto 7.3).

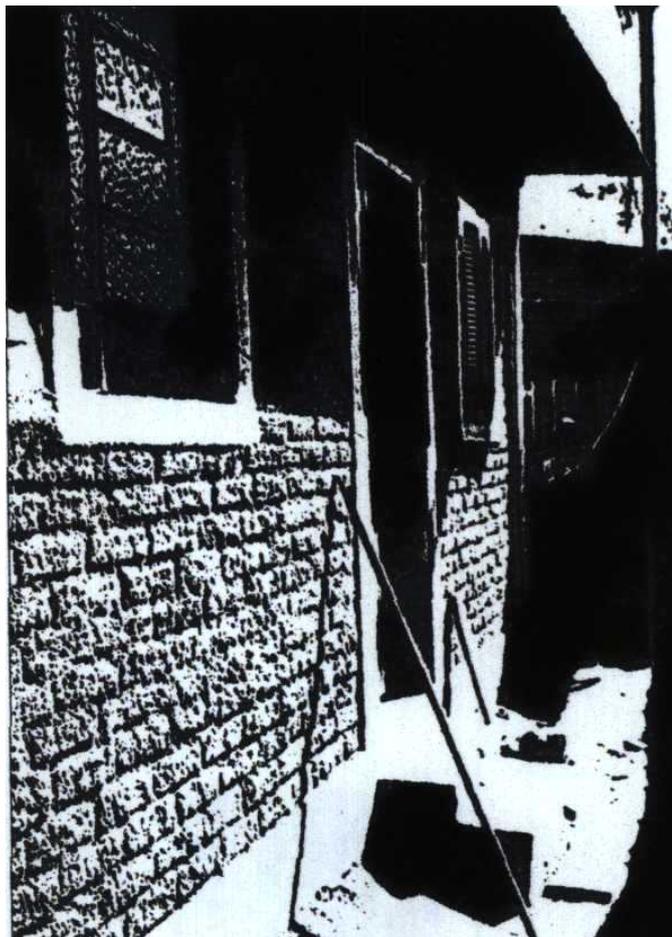


Foto 7.2 – Casa construída com tijolos solo/cal, na favela Campo Limpo, São Paulo, pela ABPC.



Foto 7.3 – Casa construída com tijolos solo/cal, em Limoeiro do Norte – Ceará, pelo NUTEC.

Há ainda um experimento notável, no Ceará, realizado e testado pelo NUTEC, que montou um equipamento para produção de dois tijolos (Foto 7.4) com o qual construiu há cerca de 20 anos guarita de entrada da propriedade da entidade onde funcionam seus setores técnicos.

O processo consiste em traçar areia, argila e cal, de acordo com seus componentes analisados, produzindo uma massa homogênea que é colocada nos dois moldes de tijolo do equipamento. Uma vez cheios, pressionar o cabo por dois ou mais homens, comprimindo a massa para extrair o excesso de líquido e, em seguida, colocar para secar ao sol. Não são queimados.

A vantagem é ter as jazidas de areia e argila próximas do local de um mutirão de conjunto habitacional popular e adquirir a cal necessária. O custo é baixíssimo e o material é durável, como mostra a guarita (Fotos 7.5 a 7.7). Nas fotos, vêem-se, ao fundo, alguns tijolos sobre a mureta da cerca externa, secando.

Na base das fotos pode ser observado algum desgaste resultante da ação de gotas de chuva e de ventos fortes na área, que se situa na parte mais alta da cidade de Fortaleza. A ventilação é contínua.



Foto 7.4 – Equipamento para produzir tijolos solo/cal do NUTEC, Fortaleza, usados na construção em 1985; ao fundo, encontram-se algumas unidades de tijolos secando ao sol, dispostos na mureta da cerca divisória da propriedade (do autor).

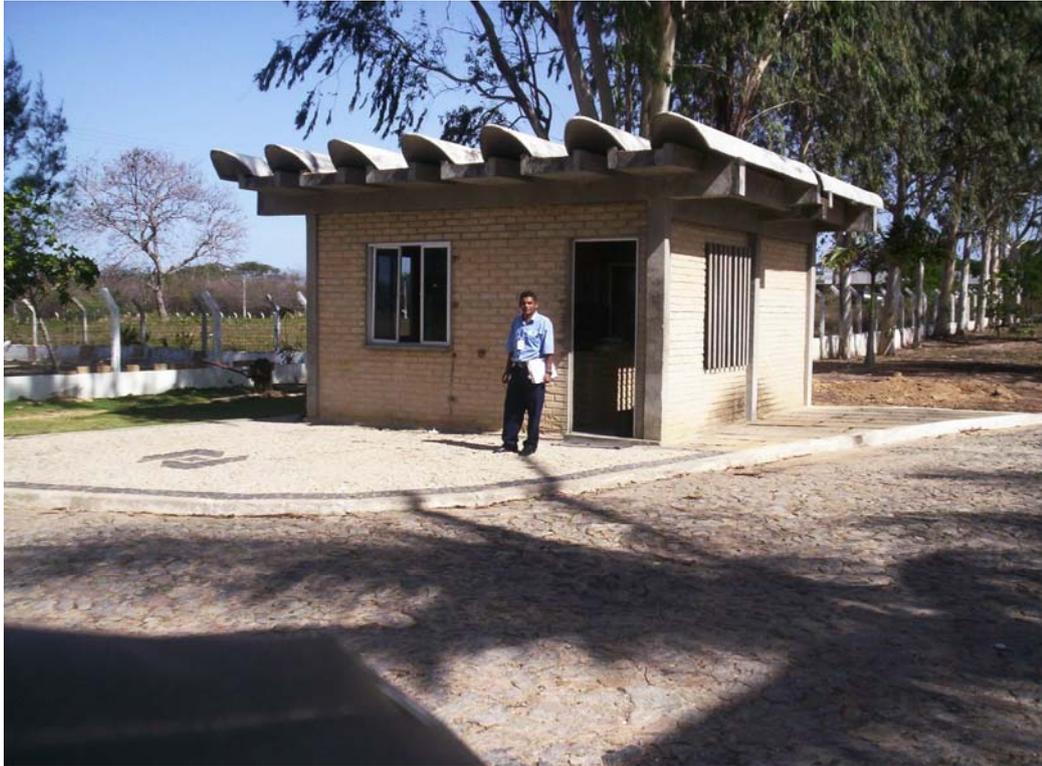


Foto 7.5 – Guarita do NUTEC, Fortaleza, usada pelo sistema de vigilância da entidade, estando a porta de entrada para a área interna; na base da parede, vê-se desgaste produzido pela ação de chuvas e ventos, que são constantes nesta parte da cidade, ponto mais alto do Município (do autor).



Foto 7.6 – Visão lateral da guarita NUTEC, Fortaleza, notando-se algum desgaste e sujeira na parede, necessitando manutenção (lavagem com água); não há pintura pois não é aconselhável; somente verniz seria a proteção melhor para as paredes, o que nunca foi feito nos mais de vinte de anos de construída (do autor).



Foto 7.7 – Visão lateral da guarita do NUTEC, no campus da UFC, em Fortaleza, mostrando a entrada de visitantes para a Recepção, onde é feita sua identificação (do autor).

7.5 CONSIDERAÇÕES

Como comentário das Análises Econômicas, ressalta-se o fato de que a chamada “*pedra Cariri*” (calcários laminados Crato) é comercializada em todo o Brasil e, também, começa a ser exportada para o Exterior, o que se deve principalmente pelo baixo preço de venda, mesmo com fragilidade em suas especificações (segundo análise dos seus comerciantes).

No mercado de rochas ornamentais, ela “é a mais barata e a que tem tido maior saída”, portando-se, assim, como um substitutivo das cerâmicas e dos granitos de preços altos, tendo sua aplicação maior ao redor de piscinas e em jardins.

Isto provoca um aumento na exploração dos calcários laminados na região de Nova Olinda e Santana do Cariri, onde mais estradas, nas encostas da Chapada, são construídas para facilitar a retirada das lajes das pedreiras. Mais pedreiras são abertas e, com isto, há um aumento da oferta de emprego nas pedreiras da região.

Apesar da resistência dos proprietários das pedreiras em não assinar a carteira de trabalho dos empregados e pagar mal a contrapartida da produção,

evidenciam-se pequeno crescimento econômico na região e fatores à melhoria na qualidade de vida dos moradores da região:

a) aumento do número de casas, com melhorias notáveis nas portas, janelas e acabamento;

b) implantação de sistemas de distribuição de água encanada e de esgotos (fossas sépticas);

c) pessoas mais bem vestidas; e,

d) a maioria dos trabalhadores com veículos próprios (bicicleta ou moto).

A divulgação, através do território nacional da “*pedra Cariri*”, como rocha ornamental, traz benefícios econômico-sociais para esta região cearense (Nova Olinda e Santana do Cariri, e municípios vizinhos), apesar dos danos provocados ao Meio Ambiente.

8 ANÁLISES AMBIENTAIS

O Homem, escolhido para ser o administrador do Meio Ambiente descuidou-se, ao longo dos séculos, na prestação dos afazeres dos recursos da Natureza, criada para o seu conforto e bem estar socioeconômico, passando a exagerar no uso desses bens, em face do desenvolvimento científico e tecnológico, além do crescimento populacional.

Após chegar-se a tremendas anomalias na Natureza rica e esplendorosa, desrespeitando suas leis, os problemas de solução difícil foram surgindo lenta e gradualmente, ao ponto de, hoje em dia, essa degradação estar mais acelerada; e ele continua teimando, na maioria dos casos, em não prover os meios de recuperação, ao menos, parcial.

8.1 IMPACTO AMBIENTAL

Esta expressão foi escolhida para representar a relação de causas e/ou efeitos resultantes da administração dos produtos naturais, sejam eles vegetais, animais e minerais, existentes no Planeta.

O Brasil, impelido pelas ações internacionais de vários eventos realizados nos últimos 50 anos, também se incorporou ao grupo que tem como finalidade a redução ou mesmo eliminação dos fatores físicos naturais, sociais, econômicos, estéticos e culturais que interagem com eles próprios, com o indivíduo e com a comunidade, compondo o Meio Ambiente e que devem estar em sintonia com a vida natural.

Este Meio é regido por sete fatores ou parâmetros que resultam da ação humana que, qualquer que seja, provoca impacto no meio natural, devendo ser diagnosticados sua causa, sua extensão, seu alcance etc. para proporcionar a(s) solução(ões) de modo a restaurar o local inicialmente devastado.

Fernandez-Vítora (1997) dispõe tais fatores ou parâmetros, os quais servem ao Homem e se agrupam em fatores:

- 1) físico-químicos.
- 2) biológicos,
- 3) paisagísticos,

- 4) relativos ao uso do solo,
- 5) relativos à estrutura, equipamentos, infra-estruturas e serviços de núcleos habitados,
- 6) sociais, culturais e humanos e
- 7) econômicos.

Estes parâmetros englobam a totalidade dos elementos que se dispõem na Natureza, sendo adjetivado de acordo com um ou mais fatores que intervêm no processo de degradação ou restauração.

Assim, nosso País considerou sua responsabilidade, assumida na Convenção de Washington de 1940, na de Ramsar de 1971 e na da Biodiversidade de 1992, além dos compromissos derivados da Declaração do Rio de Janeiro, de 1992, iniciando suas intervenções nos processos de agressão, primeiramente ao Meio Ambiente, com sua 1ª Resolução, emitida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Este estudo tem como finalidade conhecer o inventário ambiental da região de Nova Olinda e Santana do Cariri, à luz do esquema de extração de ladrilhos, que ali se processa, relacionar os impactos benéficos ou adversos nos meios físico, biológico e socioeconômico ou antrópico, e buscar soluções para minimizá-los e/ou eliminá-los, como, por exemplo, a redução dos níveis de poluição sonora (e.g., das serrarias) e do ar.

Por outro lado, tenta equacionar os impactos benéficos gerados com as atividades mineiras, nos setores de saúde, bem-estar social, segurança do trabalho, emprego e renda etc. e ainda oferecer sugestões de ações para conservação dos recursos naturais e proteção do Meio Ambiente.

- **Conceituação**

Na Resolução do CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, estabeleceu-se o conceito do que significa impacto ambiental. É:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do Meio Ambiente, por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem:

- 1) a saúde, a segurança e o bem estar da população;*
- 2) as atividades sociais e econômicas;*
- 3) a biota;*
- 4) as condições estéticas e sanitárias do Meio Ambiente; e*

5) a qualidade dos recursos ambientais.

Cientistas analisam e concluem que a classificação não se esgota nem se exclui, podendo existir impactos não descritivos, os quais, por sua vez, pertenceriam a dois ou mais de dez grupos tipológicos (Fernandez-Vítora, 1997), os quais poderiam ser assim enquadrados.

- a) Pela variação da Qualidade Ambiental (QA), seriam positivo e negativo;
- b) pela intensidade ou grau de destruição, seriam notáveis ou muito altos, médios e mínimos;
- c) pela extensão do impacto, seriam pontuais, parciais e extremos;
- d) pelo momento em que se manifestam, seriam latentes, imediatos e críticos;
- e) pela persistência, seriam temporais e permanentes;
- f) pela capacidade de recuperação, seriam irrecuperáveis, irreversíveis, reversíveis, mitigáveis, recuperáveis e fugazes;
- g) pela reação de causa e efeito, seriam diretos e indiretos ou secundários;
- h) pela inter-relação de ações e/ou efeitos, seriam simples, acumulativos e sinérgicos;
- i) pela periodicidade, seriam contínuos, descontínuos, periódicos e aperiódicos; e, finalmente,
- j) pela necessidade de aplicação de medidas de correção, seriam críticos, severos e moderados.

De modo geral, sempre se procura avaliar a Qualidade Ambiental (QA) em primeiro lugar para saber se o processo de agressão é positivo ou negativo, como conceituado na Espanha, respectivamente benéfico ou adverso no Brasil.

Diz-se que é positivo ou benéfico quando assim admitido pelas autoridades competentes, comunidade técnica e pelo povo em geral, no contexto de uma análise completa de custo/benefício e dos aspectos externos da ação contemplada.

Negativo ou adverso, quando o efeito se traduz em perda de valor natural, estético-cultural, paisagístico, de produtividade ecológica ou em aumento de prejuízos derivados da contaminação, da erosão, da colmatação e de outros danos ambientais em discordância com a estrutura ecológico-geográfica, o caráter e a personalização de uma zona determinada.

No Brasil, e também no Ceará, a metodologia adotada para identificar e avaliar os impactos ambientais estabelece uma relação sistemática entre as ações

básicas da atividade, no caso, a mineira, nas fases de implantação, operação, controle ambiental e recuperação e os componentes ambientais (meio físico, biótico e antrópico), verificando o seu caráter, importância, magnitude e a duração da atividade, representadas como no Quadro 8.1.

CARÁTER		MAGNITUDE		IMPORTÂNCIA		DURAÇÃO	
+	Benéfico	G	Grande	Si	Significativa	L	Longa
-	Adverso	M	Média	Mo	Moderada	I	Intermediária
±	Indefinido	P	Pequena	Ns	Não significativa	C	Curta

Quadro 8.1 – Parâmetros de classificação de atributos de impactos ambientais (extraído de Queiroz, 2002).

Estes atributos são, pois, conceituados para efeito de valoração de quaisquer impactos, como benéficos ou adversos.

CARÁTER – expressa a alteração ou modificação gerada por uma ação de empreendimento em um dado componente ou fator ambiental.

MAGNITUDE – expressa a extensão do impacto, na medida em que se atribui uma valoração gradual às variações que as ações poderão produzir num dado componente ou fator ambiental por ela afetado.

IMPORTÂNCIA – estabelece a significação de quanto cada impacto é importante na sua relação de interferência com o Meio Ambiente e quando comparados com outros impactos;

DURAÇÃO – é o tempo de permanência do impacto depois que a ação que o gerou foi concluída.

Os parâmetros de menor intensidade, como caráter benéfico, pequena magnitude, importância não significativa e duração curta, são aqueles que não alteram ou alteram muito pouco, não afetando o Meio Ambiente. No outro extremo, estão os parâmetros de caráter adverso ou mesmo indefinido, de grande magnitude, de importância significativa e de longa duração.

O Quadro 8.2, adaptado do PRAD de três processos de Concessão de Lavra, em Nova Olinda, mostra os conceitos para a classificação de causas e efeitos de impactos, em consonância com a legislação vigente, principalmente baseada nas Resoluções do CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, e nº 307, de 30 de março de 2002.

ATRIBUTO	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	SÍMBOLO
<u>CARÁTER</u>	ADVERSO efeito gerado negativo para o fator ambiental considerado	-
	BENÉFICO efeito gerado positivo para o fator ambiental considerado	+
	INDEFINIDO efeito gerado não definido de imediato, por fatores desconhecidos ou não definidos.	±
<u>MAGNITUDE</u>	PEQUENA variação no valor dos indicadores inexpressiva, inalterando o fator ambiental considerado.	P
	MÉDIA variação no valor dos indicadores expressiva, porém sem alcance para descaracterizar o fator ambiental considerado.	M
	GRANDE variação no valor dos indicadores de ordem que possa levar à descaracterização do fator ambiental considerado.	G
<u>IMPORTÂNCIA</u>	NÃO SIGNIFICATIVA intensidade da interferência do impacto no Meio e em relação aos demais impactos não implica na alteração da qualidade de vida	Ns
	MODERADA intensidade do impacto no Meio Ambiente e em relação a outros impactos assume dimensões recuperáveis; quando adverso, ocorre uma queda na qualidade de vida e quando benéfico, assume uma melhoria na qualidade de vida	Mo
	SIGNIFICATIVA intensidade da interferência do impacto no Meio Ambiente e junto aos demais impactos acarreta como resposta social perda (adverso) ou ganho (benéfico) da qualidade de vida.	Si
<u>DURAÇÃO</u>	CURTA possível reversão das condições ambientais anteriores à ação, em breve período de tempo, ou seja, que, imediatamente após a conclusão da ação, haja a neutralização do impacto gerado por ela	C
	INTERMEDIÁRIA necessidade de decorrer certo período de tempo para que o impacto gerado pela ação seja neutralizado	I
	LONGA registra longo período de permanência do impacto, após concluída a ação que o gerou; neste grau seriam também incluídos aqueles impactos cujo tempo de permanência, após a conclusão da ação geradora, assume um caráter definitivo	L

Quadro 8.2 – Conceituação de atributos utilizados na avaliação de impactos ambientais na região de Nova Olinda, segundo Queiroz (2002).

8.2 IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS

Impactos são encontrados em todas as pedreiras dessa região, de preferência os adversos, já que os benéficos estão relacionados mais às vantagens e concessões dos proprietários, abrangendo os Municípios de Nova Olinda, Santana do Cariri e vizinhos para leste, como Crato, Barbalha, Missão Velha, Abaiara, Porteiras e Jardim, estes dois últimos já ao sudeste da Chapada.

De modo geral, com exceção dos afloramentos 1 e 4 e das pedreiras da fábrica de cimento em Barbalha, que são consideradas grandes, as demais têm entre 40m² a 60m² de área de trabalho, o que não é grande coisa, no sentido lato da expressão mina.

Em um estudo científico, há que averiguar causa e efeito para que seus resultados sejam bem avaliados e proveito tenha para a Sociedade como um todo.

Nesta área há um trabalho, já citado. O Plano de Recuperação de Área Degradada da Região de Nova Olinda, CE – PRAD listou tanto causas como efeitos, consoante apresentado no Quadro 8.3.

PROJETO (CAUSAS)	FATORES AMBIENTAIS (EFEITOS)
FASE DE IMPLANTAÇÃO	MEIO FÍSICO
<i>INFRA-ESTRUTURA</i>	ESTABILIDADE GEOLÓGICA
<i>DESMATAMENTO</i>	MORFOLOGIA
REMOÇÃO DO SOLO	RECURSOS HÍDRICOS
PREPARAÇÃO DA PRAÇA	SOLOS
FASE DE OPERAÇÃO	ATMOSFERA
DESMONTE DO MINÉRIO	PATRIMÔNIO FOSSILÍFEROS
CORTE DO MINÉRIO	MEIO BIÓTICO
CARREGAMENTO	FAUNA
TRANSPORTE	FLORA
CONTROLE AMBIENTAL	ECOSSISTEMA
<i>DESMATAMENTO RACIONAL</i>	MEIO ANTRÓPICO
<i>DESTINO DOS BOTA-FORAS</i>	NÍVEL DE EMPREGO
<i>PLANEJAMENTO DE LAVRA</i>	NÍVEL DE VIDA
<i>MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS</i>	VALORES PAISAGÍSTICOS
<i>SEGURANÇA NO TRABALHO</i>	
<i>DRENAGEM E FATORES EROSIVOS</i>	
<i>POLUIÇÃO SONORA</i>	
RECUPERAÇÃO	Continuação da coluna da esquerda ↓
<i>ACA/APP</i>	MONITORAMENTO
READEQUAÇÃO DA ENCOSTA	MONITORAMENTO DOS SOLOS
REVEGETAÇÃO	MONITORAMENTO DE DRENAGENS
USO FUTURO DA ÁREA	MONITORAMENTO DAS ATIVIDADES MINEIRAS
Continua na coluna da direita	MONITORAMENTO DO PATRIMÔNIO FOSSILIFERO

Quadro 8.3 – Lista de ações realizadas e a realizar na área mineira em Nova Olinda – CE, explorando calcário laminado para a produção de lajes de pisos e revestimentos, relacionando-as com possíveis impactos decorrentes.

No passado, algumas pedreiras tiveram de ser fechadas por causa da quantidade de entulho existente nas praças e encostas de riachos (Fotos 8.1 e 8.2),

dificultando os trabalhos de extração de placas para corte das lajes. Atualmente, elas estão desativadas, dentre as 280 pedreiras cadastradas pelo DNPM.

A Foto 8.1 é de uma pedreira que está com serviços reduzidos e que não foi agraciada com a remoção de entulho pelos equipamentos da fábrica de cimento, em razão do perigo de acesso pela encosta muito íngreme. A seguinte (Foto 8.2) está paralisada por dificuldades de trabalho e acesso cada vez mais estreito em virtude do acúmulo de material não aproveitável.



Foto 8.1 – Pedreira de Massapé do Livramento, na encosta oposta (oeste) do afloramento 4, cheia de entulho inclusive dentro de linha de escoamento de água, assoreando riacho na parte superior do declive (Oliveira, 1998).

As causas relacionadas no Quadro 8.3 são fatos inexoráveis, devendo o trabalho desta pesquisa se ater aos efeitos que são produzidos nos meios físico, biótico e antrópico para analisar a área em questão e fazer seu diagnóstico.

8.2.1 Meio físico

Assim, no meio físico, serão apreciados: estabilidade geológica e relevo (morfologia), recursos hídricos, solos, atmosfera e patrimônio fossilífero.

- Estabilidade geológica e Morfologia

Os trabalhos mineiros têm relação direta, neste caso, com a inclinação das encostas que vão se formando à medida que a frente de lavra vai se afastando ou

recuando com a retirada do material, com possibilidade de desmoronamentos e desenvolvimento de processos de erosão nocivos aos trabalhos e à área trabalhada.



Foto 8.2 – Pedreira do Baixio do Zé Gomes, Santana do Cariri, com praticamente toda a área de trabalho e caminhos preenchida de entulho e placas (a maioria com dimensões irregulares) para serem cortadas e já descendo a encosta do riacho adjacente à pedreira (Oliveira, 1998).

Representa perigo para operários, equipamentos e paralisação das atividades em prejuízo do empreendimento. Altera a morfologia do relevo, provocando sempre assoreamento, tanto das praças, onde os trabalhadores operam, quanto nos cursos de água fluvial (Foto 8.3).

- Recursos hídricos

Os rios e riachos estão sujeitos a, pelo menos, dois tipos de contaminação: química e física.

A química não é considerada aquela resultante de possíveis minerais pesados, adsorvidos na matéria-prima do trabalho. Existem agentes outros que são danosos ao Meio Ambiente, como sólidos e líquidos necessários aos trabalhos de infra-estrutura e de operação de equipamentos na área. São lixos diversos, óleos, graxas e esgotamento sanitário, se não providas instalações apropriadas dos elementos dentro das praças ou adjacências.

A física se relaciona à possibilidade de arrasto de sólidos em suspensão ou tração, erodindo superfícies descobertas como parte do capeamento, praças e pilhas

de rejeito mineral e área de armazenamento de material não aproveitável, mesmo com pequena quantidade de lama produzida por águas pluviais, acumulada nas depressões das frentes de mineração, causadas pelo mergulho das camadas.



Foto 8.3 – Pedreira próxima do Idemar, afloramento 4, em que a atividade inicial mal executada pode proporcionar instabilidade na seqüência geológica e deformar a topografia local trazendo fortes riscos para os trabalhadores (Oliveira, 1998).

Há também a redução da infiltração em virtude da impermeabilidade alta dos carbonatos e do risco de escorregamentos, decorrente de poeira produzida pela abrasão de equipamentos na extração de placas.

- Solos

Vegetação e solo são os primeiros elementos a serem retirados, uma vez que estão sobrepostos ao material rochoso a ser explorado, e sua remoção tem efeitos diretos na fauna (meso e micro), que mantêm relações físicas e biológicas e dependem dos substratos fornecidos pelo solo e pela vegetação. Estes elementos são o próprio impacto, seguido de possível contaminação de material usado em equipamentos na frente de mineração.

Os impactos com a remoção refletem ainda na alteração e mistura dos horizontes do solo, modificação no perfil topográfico do terreno, alteração nas propriedades físicas, modificação da estrutura do solo em consequência da

degradação, aumento da compactação e da diminuição da permeabilidade e lixiviação dos nutrientes.

A retirada do solo deverá ocorrer concomitante ao desmatamento, liberando assim a parte da área a ter removido o capeamento dos carbonatos. Em termos pedológicos, apresentam seqüência de horizontes A, Bt e C e o horizonte B textural tem argilas com atividade alta.

- Atmosfera

Alterações na qualidade do ar (poluição) resultam de poeira (material particulado) e ruído gerado de equipamentos, caminhões, tratores etc., com alguma influência de efluentes de combustão dos motores, produzindo gases e odores. São efeitos que merecem e devem exigir o uso de protetores, como máscaras e fones de ouvido, evitando doenças tais como silicose e surdez, comuns em mineração.

A **poeira**, que é material particulado, surge dos fragmentos espalhados nas praças, da operação de corte da rocha e do trânsito de veículos nos pátios internos e de acesso à mina, bem assim aquele transportado pelo vento em toda a extensão da área de trabalho.

Os efluentes emitidos na combustão de motores em geral concentram na fumaça compostos nocivos à saúde, como SO₂, CO₂, CO e NO₂. Salienta-se, no entanto, que a proporção e a concentração destes gases são pequenas, pois a maquinaria que estará em trânsito na área é pouca.

Os impactos adversos de **ruídos** são decorrentes principalmente da atividade de transporte e corte do material na pedreira e nas serrarias (tratores, caminhões, máquina de corte, entre outros), e, secundariamente, do desmonte do bloco rochoso. Os impactos sonoros são pouco significativos aos transeuntes e não atingem as pessoas que residem nas proximidades do empreendimento.

- Patrimônio fóssilífero

Na região, o comércio de fósseis se transformou em meio de vida para uma boa parte população que tem mais de 60% de famílias carentes.

Dentro da Formação Crato, os fósseis existem em menor número do que na Formação Romualdo, com sauros, répteis, quelônios, peixes, vegetais e outros, os quais são ilegalmente comercializados, havendo muita repressão por parte do Governo Federal.

Os fósseis de maior tamanho encontrados na Formação Crato, conhecidos até o momento, são peixes (*Dastilbe elongatus*), anuros (batráquios), insetos e restos vegetais. Os microfósseis são ostracódios (*Darwinula sp.*), conchostráceos e foraminíferos, os quais são de relevante importância para a determinação das idades relativas de pacotes da Formação Crato.

A atividade extrativista e a ação dos contrabandistas, entretanto, estes mais interessados nos fósseis da Formação Romualdo, representam uma ameaça ao patrimônio científico-cultural do País, que está sendo dilapidado, em que o atravessador fica rico e o sertanejo vende os fósseis para se alimentar.

8.2.2 Meio biótico

Os aspectos concernentes ao meio biótico dizem respeito à Fauna, à Flora e ao Ecossistema, que são intensamente afetados, mesmo com baixa atividade nas pedreiras.

- Fauna

O impacto na fauna compromete os diferentes habitats dos animais, tanto grandes como médios e pequenos, causando migração de espécies autóctones e raras. Desta forma, o ecossistema se altera com modificações nas cadeias tróficas e com variação da capacidade de carga do meio.

Tais cadeias estão descritas em item similar do Capítulo 4 Caracterização da Área de Trabalho, abrangendo ecossistemas de características bem diversas de outras observadas no interior cearense. Essa diversidade é evidenciada por fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos, hidrográficos/hidrológicos e de vegetação, determinantes ecológicos de área, afetando sete unidades fitoecológicas desta bio-região.

A seguir, descrevem-se os principais impactos passíveis de ocorrência:

- 1) Desmatamento, que destrói os habitats;
- 2) ruídos e vibrações provenientes de equipamentos e máquinas, que afugentam a macrofauna;
- 3) contaminação de resíduos de locais de dessedentação da fauna terrestre;

- 4) destruição parcial da meso e microfauna, com a remoção do solo e da cobertura vegetal, que mantêm forte relação de interdependência com os substratos do solo e da vegetação; e
- 5) extinção de espécies de populações reduzidas pelo incremento da caça e o conseqüente aumento de habitações dentro dos limites da área do empreendimento.

- Flora

A vegetação da área já está afetada por trabalhos agropecuários de sobrevivência dos aglomerados urbanos construídos e sempre crescentes, principalmente ao longo de rodovias, em que foi removida, e espécies importantes da flora foram extintas, inclusive com a extração de lajes.

Este tema também é objeto de descrição detalhada em idêntico item do Capítulo 4 da caracterização da área de trabalho.

Os principais impactos que podem afetar a vegetação estão descritos abaixo:

- 1) remoção da vegetação no local da exploração e nas áreas limítrofes, com perda de banco natural de sementes do solo, prejudicando o reflorestamento natural e causando a diminuição da densidade de espécies importantes no ecossistema;
- 2) desmatamento, que provocará a erosão do solo nas áreas adjacentes, facilitando a lixiviação de nutrientes e alteração das características do solo; e
- 3) retirada do solo pela obra em si, somada às perfurações na rocha e à ação do vento, ocasionando resíduos particulados na atmosfera, dificultando a evapotranspiração das plantas e diminuindo a capacidade de infiltração das águas da chuva no solo.

- Ecossistema

No início, o avanço da lavra não ocasiona impacto significativo no ecossistema, porque as partes operadas nas pequenas pedreiras, por enquanto, têm vegetação rala, a camada de solo é delgada (dificilmente ultrapassa 50cm) e a fauna se desloca para áreas vizinhas, que são áreas de proteção ambiental (APA Chapada do Araripe).

Nesse contexto, não é somente o solo que interfere na alteração do ecossistema, mas também a canga, material não aproveitado acima da rocha carbonática, cuja espessura está aumentando e trazendo problemas para a sua localização dentro das praças após remoção do seu local original.

Em geral, as áreas de atividade mineira não têm extensa nem densa cobertura vegetal, árvores nativas de médio e grande porte nem fauna diversificada, fatores estes condicionados à degradação já previamente existente. Deve-se evitar, no entanto, a geração de impactos negativos tanto à flora como à fauna, desta forma, assegurando um desenvolvimento sustentável e mantendo sadio o contexto do meio biótico.

Os impactos em seres humanos envolvidos nessas operações são também importantes porque atingem órgãos cuja deficiência resultante é praticamente irreversível, como descritos sumariamente.

Trata-se da poeira, ruídos e vibrações que alcançam os aparelhos respiratório e auditivo, respectivamente.

A poeira atinge o aparelho respiratório dos operários e não é percebida a curto prazo. O risco é maior nos operários que estão atuando diretamente com os equipamentos de corte e perfuração. O acúmulo ao longo dos anos pode provocar uma doença denominada *silicose*, que bloqueia as artérias respiratórias e não há retorno.

Os ruídos de máquinas e veículos na área do empreendimento afetam o sistema de audição de forma gradual, quase insensível, totalmente irreversível, causando deficiência auditiva de forma lenta ou rápida, a depender da proximidade e do nível de ruídos dos equipamentos.

É recomendado que se tenha controle do material particulado (poeira) aspergindo água e por aguamento dos pátios de circulação da maquinaria e vias de acesso, bem como borrifar água no processo de corte da rocha. Estas atitudes evitam em muito a poeira no setor operacional, corrigindo o efeito bloqueador das partículas em suspensão na evapotranspiração das folhas.

8.2.3 Meio antrópico

A população residente nas proximidades da área do projeto é pequena, com imóveis de pequeno porte, utilizando-se de cacimbas ou coleta de água em épocas

de chuva ou usam poços comunitários, estas últimas acumulando em cisternas. Ficam a mais de 1.500m distantes das pedreiras, não sofrendo quaisquer tipos de impactos, mesmo os de poluição atmosférica.

Uma vez que não são detectados impactos adversos diretos na população local, as medidas mitigadoras deverão ser direcionadas para os riscos induzidos, que poderão atingir os operários e transeuntes da área de mineração.

- Qualidade de Vida

A atividade econômica dos municípios envolvidos, ou seja, Nova Olinda e Santana do Cariri, é bem diversificada, sendo distribuída em setores comercial, turístico e agrícola, além da atividade mineira.

Nas áreas de extração, a maioria das famílias se ocupa de atividades relacionadas ao cultivo de subsistência e pequenas criações de animais (suínos, bovinos, caprinos e galináceos) e tem na mineração uma fonte fundamental para o complemento da renda.

No pensamento das pessoas residentes nas localidades próximas a pedreiras, essa atividade tem grande importância. Fatores como falta de recursos e de projetos governamentais de incentivo para desenvolver os setores agrícola e pecuário produzem maior carência da população local. O setor mineiro oferece, na região, uma opção de emprego e renda durante dez meses, em média, principalmente no período de maior estiagem.

Isto tem evitado o êxodo da população, mormente rural, que migra para centros mais desenvolvidos em busca de trabalho temporário.

A regulamentação das atividades mineiras no contexto da economia desta parte da Bacia, provocará um impacto positivo de significativa relevância para a região, estimulando a emulação em outras partes do Cariri central.

- Valores paisagísticos

O impacto visual se torna enaltecido nos setores onde ocorrem as frentes de mineração, principalmente pela retirada da cobertura vegetal, do solo e do material de canga, alterando, assim, a superfície topográfica. Por outro lado, a restauração das áreas degradadas deve provocar um aumento qualitativo na paisagem local.

Com o avanço dos trabalhos de exploração e, em conseqüência, a modificação da paisagem, ocorrerá uma alteração no habitat natural da fauna, que

não origina impacto muito significativo do ponto de vista do aspecto do ecossistema propriamente dito. Isto porque, na porção minerada, essa pequena população se desloca para áreas vizinhas, que são áreas de proteção ambiental, além dos espaços reabilitados.

É necessário, porém, planejamento racional para implantação, operação e abandono da lavra, visando a um aproveitamento do recurso natural e minimizando ao máximo os impactos visuais inerentes ao processo de extração.

Em resumo, constata-se que os impactos adversos se concentram nos meios físico e biótico, enquanto os benéficos são observados em sua maioria no meio antrópico, principalmente no setor socioeconômico, o que torna a atividade viável desde que seja orientada em planejamento técnico adequado para a região.

8.3 DIAGNÓSTICO

Uma avaliação técnica da situação de uma área degradada por ações antrópicas é medida por meio de relatórios em vários níveis de estudos técnico-científicos que, no Brasil, na ordem crescente de dificuldade, têm as denominações de Plano de Controle Ambiental – PCA, Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto do Meio Ambiente – RIMA.

Cientistas classificam na mesma seqüência, sendo que, na Espanha, esta fase é efetuada geralmente atendendo a, pelo menos, quatro aspectos em relação à profundidade do(s) problema(s). Assim são as etapas:

- a) levantamento preliminar da situação da área de impacto, que deve ser anexada ao projeto, relacionando as condições ambientais de modo qualitativo e as correspondentes medidas de correção para recuperar a área; o nível de informação é bem simples não necessitando estudos profundos;
- b) avaliação inicial é um pré-estudo em que se faz primeira avaliação dos impactos, seguindo-se outra mais profunda; se for preciso uma investigação mais apurada, uma proposta de medidas corretoras deve ser anexada, com uma “Matriz de Causa e Efeito” (modelo no Quadro 8.1), sem se ter necessariamente uma avaliação global;
- c) avaliação simplificada é um estudo não muito profundo, desprezando aspectos que careçam de interesse relevante, mas calculando em

números sem ponderação, exceto se for necessário decidir por opções mais convenientes; e

- d) avaliação pormenorizada é o estudo que incorpora todos os modos de aparição de grandes impactos, condensado em Estudo de Impacto Ambiental – EIA; *a posteriori*, quando a atividade estiver completada, emite-se, à semelhança de ações no Brasil, o Relatório de Impacto do Meio Ambiente – RIMA.

É incontestável que qualquer atividade de extração dos recursos naturais causa impactos ao Meio Ambiente, seja adverso ou benéfico. O ser humano, porém, precisa desses bens da Natureza para o seu bem-estar. Isto quer dizer que é necessário utilizar os recursos da terra de modo consciente, conhecendo o terreno e o projeto, avaliando as conseqüências, procurando desenvolver técnicas ambientalmente sadias para sanar os riscos inerentes do projeto mineiro na região em estudo.

Os locais onde há extração do bem mineral estão inseridos em região ondulada. Não há vegetação nativa e grande parte da fauna que nela habitava está bem reduzida. Fatores como extração de madeira para lenha e carvão, operações clandestinas e agricultura sem cuidados ambientais para reestruturação das áreas contribuem significativamente para o atual estado de degradação em que se encontra a área em foco.

8.3.1 Calcário Laminado

Para não abordar outros setores da vida moderna, as atividades extrativistas do carbonato aptiano/albiano da Bacia Sedimentar do Araripe estão dizimando, sem recuperação, áreas onde se localiza este bem mineral, bem como as matas e florestas adjacentes, causando um processo pernicioso difícil de restaurar, pois o procedimento leva, inclusive, à migração do gênero humano, à redução da flora e à fuga da fauna, como sintetiza o esquema apresentado.

Desmatamento → Erosão → Desertificação → Destruição da biodiversidade → Perda de capacidade produtiva → Êxodo rural

De acordo com a classificação apresentada anteriormente de Fernandez-Vítora(1997), os impactos destes depósitos estão assim designados:

- a) negativos ou adversos, pela qualidade ambiental;

- b) de médios a altos, pela intensidade ou grau de destruição;
- c) de parciais a extremos, pela extensão;
- d) críticos, pelo momento da manifestação;
- e) permanentes, pela persistência;
- f) recuperável (a área), pela capacidade de restauração;
- g) diretos, pela reação de causa e efeito;
- h) sinérgicos, pela inter-relação de ações e/ou efeitos;
- i) contínuos, pela periodicidade, e
- j) de severos a críticos, pela necessidade iminente de correção.

Então, o estado dos depósitos carbonáticos de Nova Olinda e Santana do Cariri é de alta degradação, com difíceis condições de recuperação das áreas utilizadas na extração das lajes.

Algumas providências deveriam ter sido tomadas antes, durante e depois da manifestação do processo de devastação, para que isso fosse evitado. O volume de material e entulho é grande e não há previsão de como realizar outras atividades para aproveitamento desse material.

São elas:

- 1) promover desmatamento somente em áreas onde haja condições de preservação da vegetação;
- 2) proteger os caminhos naturais de escoamento de águas;
- 3) controlar queimadas;
- 4) proteger a cobertura morta do solo com palhas diversas para diminuir a incidência de raios solares e os impactos de chuvas, que compactam e erodem, além de asilar a microfauna e a microflora, aumentando sua aeração e a absorção hídrica;
- 5) promover desmatamento apenas onde for necessário, de modo gradual, à proporção que for surgindo necessidade, evitando grande exposição de áreas do solo;
- 6) reflorestar áreas que ainda são produtivas, principalmente as matas ciliares às margens de mananciais hídricos; e, como novidade,
- 7) criar um banco de sementes da flora nativa, para uso na fase de reflorestamento.

Matriz clássica de Leopold (causa e efeito)													
INSTRUÇÕES		A – Modificação do regime			B – Transformação do território e construção		C- Extração de recursos						
1. Identificar as ações na parte superior da matriz que tem lugar no projeto 2. Abaixo de cada ação proposta, traçar uma barra diagonal na intercessão com terminais laterais da matriz, no caso de possível impacto 3. Completada a matriz, no canto superior esquerdo de quadro com barra, numerar de 1 a 10 a extensão mínima e máxima do impacto (zero é desprezível); Em cada classe por + se positivo e – se negativo. No canto inferior direito numerar de 1 a 10 a importância mínima e máxima do impacto 4. O texto anexo à matriz consistirá da discussão dos impactos mais significativos, ou seja, aqueles cujas linhas e colunas tenham as maiores classes e os isolados com números superiores		Introdução de flora e fauna exóticas Controles biológicos Modificação do habitat Alteração da cobertura terrestre Alteração da hidrologia Alteração da drenagem Controle do rio e modificação do fluxo Canalização Talvegues Modificação do clima Incêndios Superfície ou pavimento Ruídos e vibrações			Urbanização Instalações industriais e edificações Aeroportos Autoestradas e pontes Rodovias Ferrovias Barragem e elevadores Linhas de transmissão, oleodutos Barragens Dragagem e reforço de canais Reajustamento de canais Canais Pontais e balsas Escaleres, diques, portos esportivos e terminais marítimos Estruturas em alto (off shore) Estruturas de lazer		Voladuras e perfurações Desmontes e aterros Túneis e estruturas subterrâneas Voladuras e perfurações Excavações superficiais Escavações subterrâneas Perfuração de poços e transporte de fluidos Dragagem Exploração florestal Pesca comercial e doméstica Granjas Pastagens Plenos Indústrias de leite Geração de energia elétrica						
									a.	b.	c.	d.	e.
									a				
									b				
AÇÕES PROPOSTAS													
Características físicas e químicas	1. TERRA	a. Recursos minerais											
		b. Material de construção											
		c. Solos											
		d. Geomorfologia											
		e. Campos magnéticos e radio-atividade de fundo											
		f. Fatores físicos singulares											
	2. ÁGUA	a. Continentais											
		b. Marinhas											
		c. Subterrâneas											
		d. Qualidade											
		e. Temperatura											
		f. Recarga											
		g. Neve, gelo e geleiras											
	3. ATM	a. Qualidade (gases, partículas)											
		b. Clima (micro, macro)											
	4. PROCESSOS	c. Temperatura											
		a. Inundações											
		b. Erosão											
		c. Deposição (sedimentação e precipitação)											
		d. Solução											
e. Solução (troca de íons, plexos)													
f. Compactação e assentos													
g. Estabilidade													
h. Sismologia (terremotos)													
i. Movimentos													

Quadro 8.4 – Matriz de causa e efeito idealizada por Leopold (1984 *apud* Fernandez-Vítora, 1997) para calcular a quantidade de interações possíveis em uma análise ambiental.

8.3.2 A Legislação

O Governo brasileiro confere muita importância ao cuidar do seu Meio Ambiente e estabeleceu o Código Florestal, pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, alterada com nova redação dada pela Lei nº 7.803, de 18/07/89, publicada no DOU de 20/07/89, que, no seu Artigo 2º, diz:

Art. 2º - São de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo do curso dos rios ou de qualquer curso d'água, em faixa marginal;

.....

f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de manguezais;

As áreas de preservação permanente no texto alterado, no mesmo Art. 2º prescreve:

Art 2º - Considera-se de preservação permanente, pelo efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

III - nas nascentes permanentes ou temporárias, incluindo os olhos d'água e veredas, seja qual for a sua situação topográfica, com uma faixa mínima de 50 m (cinquenta metros) e a partir de uma margem, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia de drenagem contribuinte;

a) ao longo dos rios ou qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja;

.....

1) de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

objetivando o amparo de áreas de interesse geral e específico nos diversos setores de atividade da vida humana, sem prejuízo de seu bem estar.

Poucos cientistas utilizam um esquema denominado **P E R** (Pressão –Estado – Resposta), o qual já foi desenvolvido para atender aos casos mais especializados na diversidade dos problemas existentes em todo o mundo.

O específico para atividades mineiras contemplaria todas as áreas envolvidas direta e indiretamente com a extração de placas para ladrilhos, levando em conta o fato de que o desenvolvimento científico e tecnológico do Mundo avança em progressão quase geométrica, principalmente nos últimos cinquenta anos, ou seja, a partir da metade do século XX.

Os principais responsáveis pela degradação ambiental são as nações desenvolvidas, no que são imitadas pelas que estão em evolução técnica, como o Brasil. Em países pobres, o desenvolvimento não acompanha as técnicas de soluções para preservar a Natureza por uma série de fatores difíceis de controlar e carência de recursos para aplicar em equipamentos adequados.

Tais situações resultam das mudanças estruturais da indústria, de modo geral, e o conseqüente aumento do consumo de energia, com a pesquisa de outros combustíveis como opções de uso do petróleo.

A partir daí, começaram a surgir problemas: chuvas ácidas, contaminação do meio aquoso continental e marinho, alteração da camada de ozônio, emissão de radiação iônica ou ionizante, vazamento de combustíveis etc., que originam situações adversas e dificultam o desenvolvimento sustentável de nações quer isoladas ou fronteiriças.

Os países então estabeleceram suas leis, baseadas na Lei americana de Política Ambiental (*National Environmental Protection Act*), datada dos anos 70 do século próximo passado e resultante, indiretamente, das Convenções de Washington, Tbilisi e Rio 92, além de programas oriundos da Comunidade Européia.

Cobram dos agentes executores de trabalhos degradantes documentos que diagnostiquem impactos (EIA, RIMA), descrevam áreas afetadas, prevejam e estimem impactos, selecionem ações propostas para recuperação das áreas, estabelecendo matrizes e diagramas de redes, bem como listas de controle de preservação do ambiente degradado.

Uma política ambiental serve-se de instrumentos administrativos, jurídicos, técnicos, sociais e econômicos, que interdependem para observação de normas e leis pertinentes, análise de documentos de avaliação dos impactos e fiscalização ou auditoria de regulamentação direta para evitar as causas dos prejuízos que resultem em atividades de indústria, em florestas, em rios, em cidades etc., inclusive punição decorrente de erros dos agentes.

O Meio Ambiente é um conjunto de fatores físico-naturais, estéticos, culturais, sociais e econômicos que interagem com o indivíduo e a comunidade em que ele vive (Fernandes-Vítora, 1997). Ele está direta e intimamente ligado ao Homem, responsável pelo uso do espaço que lhe é disponível e como fonte de recursos de matéria-prima e energia que necessita para o desenvolvimento do Planeta.

8.3.3 Os efeitos na área mineira

Há cerca de 30 anos, uma pequena *indústria* de aproveitamento de material carbonático, com dureza/tenacidade alta, para projetos de construção civil, na região sul do Estado do Ceará, ao sopé da Chapada do Cariri, surgiu para servir de sustento da população carente e pobre dessa região.

Este material, denominado técnica e geologicamente de **calcário laminado**, é beneficiado através de placas de cerca de 2cm de espessura para produzir ladrilhos/lajes usados em revestimentos e pisos de imóveis, sem qualquer polimento.

O trabalho começou a ser feito sem acompanhamento técnico e material de exploração adequado, provocando imensas perdas (Fotos 8.1 e 8.2), que chegam a 70% do material aproveitável extraído das pedreiras (Oliveira, 1998), computando-se também aquelas no transporte e no desbastes/quebras nas serrarias de beneficiamento.

Ainda acresce o fato de que tais atividades não seguiam preceitos e normas de preservação ambiental, acarretando assoreamento dos cursos d'água adjacentes às pedreiras e, conseqüentemente, desequilibrando o meio ecológico nas áreas circunvizinhas.

As pedreiras visitadas também apresentaram entulhos, sempre colocando em dificuldades as operações normais de extração de placas, ladrilhos e lajes. Isto pode ser visto nas Fotos 7.1 (Afloramento 3, Tatajuba de Antônio Felipe) e 8.4 a 8.8, comprovando a afirmação do parágrafo anterior.

Os tipos de dificuldades são diversos, como

- 1) poças de água não bombeada reduzindo área de trabalho, com material quebrado entulhando a frente de mineração, no afloramento 1 (Foto 8.4);
- 2) entulho jogado para a parte da pedreira sem atividade, afloramento 4 (Foto 8.5);
- 3) estreitamento da frente de mineração e com entulho de material não aproveitável, afloramentos 2 e 5, respectivamente (Fotos 8.6 e 8.7);
- 4) placas e blocos servindo de proteção da pedreira a possível desabamento de estéril, afloramento 5 (Foto 8.7); e
- 5) material não aproveitável jogado acima da frente de pedreira, protegendo o estéril, afloramento 6 (Foto 8.8).

De modo genérico, o impacto ambiental de qualquer natureza busca compreender e avaliar os efeitos na vida humana, na fauna, na flora, no solo, na água, no ar, no clima, na paisagem e na estrutura geral, em função dos ecossistemas existentes na área presumivelmente afetada.

De modo semelhante, deve estimar a incidência de atividades de um empreendimento nos elementos que compõem o contexto geográfico, quais as

relações sociais e do bem-estar geral da população, com relação a ruídos, vibrações, odores e luzes.



Foto 8.4 – Pedreira do André, afloramento 1, Pedra Branca, em Nova Olinda, com parte dos serviços paralisados por dificuldades climáticas (poças de água) e material quebrado e não aproveitável, entulhando a *praça* da frente de mineração (do autor).



Foto 8.5 – Pedreira do Idemar, afloramento 4, Pedra Branca, em Nova Olinda, com entulho jogado da atual área de operações para outra sem atividade, prejudicial ao futuro aproveitamento da pedreira (do autor).



Foto 8.6 – Pedreira do Sérgio Major, afloramento 2, em Tatajuba, Santana do Cariri, com serviços dificultados pelo estreitamento da frente de mineração e com material quebrado e não aproveitável no meio da *praça* (do autor).



Foto 8.7 – Pedreira do Cantagalo, afloramento 5, em Santana do Cariri, com serviços dificultados pelo estreitamento da bancada e material quebrado e não aproveitável como proteção de estéril (do autor).



Foto 8.8 – Pedreira do Baixo do Mota, afloramento 6, em Santana do Cariri, com material quebrado jogado em cima da bancada a ser trabalhada, formando barricada de proteção do estéril (do autor).

Geralmente, órgãos de controle ambiental exigem estudos de impacto ambiental (EIA) dos empreendedores para avaliar o que pode ou não pode ser realizado.

Fernandez-Vitora (1997) propõe uma série de providências para se saber o tamanho da desagregação que uma atividade pode produzir em área de interesse de empresários (Quadro 8.2).

Por meio dele, é possível chegar-se a um lugar comum, desde que respostas às questões sejam respondidas. Daí então, as medidas de correção e futura prevenção de maiores danos podem ser diagnosticadas e aplicados os meios para sanar os problemas da área.

Os problemas de degradação ambiental podem ser listados, bem como sugestões para solucioná-los, constando, tanto uns como outros, na matriz disposta no Quadro 8.5, no que respeita à extração mineira de Nova Olinda e Santana do Cariri, no sul do Estado do Ceará.

No sistema de classificação dos impactos ambientais em curso no Brasil, a situação das pedreiras poderia ser analisada da maneira a seguir relacionada.

Quanto ao caráter, o impacto seria adverso nos aspectos observados nos meios físico e biótico, enquanto seria benéfico se analisado no meio antrópico, em face das vantagens descritas na Qualidade de Vida.

IMPACTO AMBIENTAL	TIPO DE IMPACTO	Positivo	+			
		Negativo	-			
		Indeterminado	X			
	VALOR (Grau de manifestação)	IMPORTANCIA (Grau de manifestação qualitativa)	Grau de incidência		Intensidade	
			Caracterização		Extensão Prazo de manifestação Persistência Reversibilidade Sinergia Acumulação Efeito Periodicidade Recuperabilidade	
		MAGNITUDE (Grau de manifestação quantitativa)		Quantidade		
			Qualidade			

Quadro 8.5 – Características de um impacto ambiental, segundo de Fernandez-Vitora, (1997).

Assim, existem valores positivos nas atividades mineiras, mas os efeitos nocivos deverão ser equacionados e minimizados, para que os habitantes da região tenham meios de subsistência com o oferecimento de oportunidades de emprego e melhoria de renda.

Os estudos em ação por equipe da SECITECE devem ser agilizados e implantados o mais rapidamente possível para prover esses meios de otimização da vida desse povo, que têm recursos e não são bem aproveitados. Os projetos já iniciados devem ser implementados com as inovações propostas, alavancando as possibilidades de trabalho para uma população sofrida por tanto tempo.

As condições estão à mesa. Restam as ações de entidades oficiais e particulares, nacionais e estrangeiras, em parceria, para que o alvo seja alcançado.

MATRIZ DOS PROBLEMAS E SOLUÇÕES DAS PEDREIRAS DE NOVA OLINDA E SANTANA DO CARIRI, SUL DO CEARÁ		
Nº	Descrição do problema	Solução
01	Carência de informações técnicas e socioeconômicas das atividades extrativistas.	Estudos do acervo documental e registro de dados necessários para futuros projetos de desenvolvimento do setor. Captar recursos para realizar pesquisas necessárias.
02	Extração sem técnicas ou métodos de que resultam em perdas.	Projeto de extração-piloto, compatibilizando as técnicas pertinentes. Mecanizar o maior número de pedreiras para reduzir ao mínimo as perdas.
03	Alto grau de perdas nas etapas de lavra e beneficiamento.	Aprimorar a qualidade das máquinas de corte, para padronizar os produtos.
04	Material mais resistente sem uso devido.	Estudos técnicos para melhor aplicação do material do que só o artesanato,
05	Rejeito mineral sem aproveitamento adequado.	Consultar dissertação de Oliveira (1998) que dispõe de cerca de sessenta itens de aproveitamento para o calcário calcítico.
06	Infra-estrutura viária.	Melhorar as vias de acesso não só para recolher material das pedreiras como para facilitar a entrada de caçambas para transportar o rejeito a ser aproveitado por empresários.
<p>Quadro 8.6 – Relação de problemas e soluções para os impactos adversos das atividades mineiras na região de Nova Olinda e Santana do Cariri.</p>		

9 CONCLUSÕES

Após este trabalho de pesquisa, constatou-se que há e continuará a acontecer muito trabalho depreciativo nos meios físico, biótico e antrópico da região de Nova Olinda e Santana do Cariri, no sul do Estado do Ceará.

Como autoridades governamentais com empresários e arrendatários das pedreiras, legalizadas ou não, têm interesse na área em questão para prover meios de desenvolvimento, emprego e renda de habitantes, torna-se necessário implementar providências já planejadas, e algumas iniciadas, com objetivos bem firmes, compatíveis com o nível de conhecimento dos envolvidos, para minimizar ou mesmo eliminar tais impactos, mormente os adversos.

9.1 CONSIDERAÇÕES

Do texto exposto pelo autor neste documento, levando em conta os eventos naturais da paisagem na região, conclui-se que:

- a) condições normais de deposição dos estratos da Formação Crato, tipicamente carbonática, que se contraem ao longo do tempo, e também pela descompressão resultante da retirada do material a ser beneficiado, contribuíram para o aparecimento de fraturas, mesmo fechadas, para dificultar as operações de corte dos trabalhos mineiros nas pedreiras;
- b) condições estruturais na pré-deposição das camadas de calcário laminado, com os eventos tectônicos discutidos no Capítulo 6, refletidos nas camadas superiores e associados aos poucos micro-sismos posteriores à deposição, são responsáveis por algumas fraturas abertas, definidas nas observações de campo;
- c) condições técnicas de equipamentos de trabalho e qualificação dos operadores concorrem significativamente para a degradação das

pedreiras, pois faltam técnica e equipamentos adequados para uma operação eficaz e eficiente.

Senão vejamos-se:

- a) não existe planejamento técnico para abertura de frentes de lavra;
- b) não é feito levantamento preliminar de fraturas e falhas, tomando-se seus parâmetros estruturais;
- c) uma vez aberta a frente, não há trabalhos que definam a(s) direção(ões) de fraturas e falhas a fim de orientar os cortes em traçados paralelos à(s) direção(ões) dela(s), evitando desperdício de material; e
- d) a motivação é tão-somente produzir para auferir renda de imediato para sustento próprio e de familiares, tanto dos empregados quanto dos *donos* das pedreiras.

Há, portanto, necessidade de que estudos específicos geológicos sejam realizados antes de ser iniciada qualquer atividade extrativista dos carbonatos aptianos da Formação Crato na região de Nova Olinda e Santana do Cariri, objetivando a diminuição de quebras e acúmulo de rejeito mineral nas praças.

Assim é que, com arrimo neste trabalho, algumas medidas devem ser tomadas previamente e durante as operações.

9.1.1 Geologia e Estrutural

No que concerne à geologia e à estrutural:

- a) identificar com precisão a posição litoestratigráfica da(s) camada(s) a explorar, segundo a descrição realizada no Capítulo 4 deste trabalho;
- b) identificar as fraturas abertas e fechadas, aferindo seus parâmetros estruturais, para definir as famílias com as direções preferenciais delas, com métodos e técnicas próprias ali efetivados;
- c) aplicar a mesma direção ou similar à das fraturas abertas, no corte das placas, para minimizar a produção de material não aproveitável;
- d) observar, de igual modo, as fraturas diagenéticas (deposicionais), que atualmente encerram as atividades mineiras, e as de descompressão resultante da retirada de material aproveitável.

9.1.2 Economia

Para obtenção de placas, relativas aos valores econômicos, constantes da matriz de *Problemas versus Soluções*, no Capítulo 7 desta Tese, instruída nos projetos elaborados pela APL:

- a) verificar preferencialmente artigos de acordo com a dureza do material;
- b) realizar os trabalhos de acordo com os valores ótimos de lajes, tanto para o comércio como para as pretensões de compradores com dimensões diferentes dos prováveis padrões de eficiência das operações mineiras;
- c) efetuar cortes até profundidade compatível com as serras diamantadas e, se possível, para ter maior proveito na produção de lajes;
- d) dimensionar a largura de dois cortes paralelos ou de blocos, de modo a obter duas ou mais lajes no corte normal à direção das fraturas; e
- e) implantar algum tipo de polimento das lajes na própria pedreira, aprimorando a qualidade dos produtos com agregação de valores e aumentando os lucros.

9.1.3 Meio Ambiente

Esta área de estudos é a mais importante porque tem direta relação com a qualidade e preservação do contexto geral das pedreiras. É também a que recebe mais resistência por parte dos envolvidos, que não querem assumir o peso da responsabilidade; só ter lucros com as vendas. Nem mesmo o cuidado com aqueles que produzem os artigos são objeto de concessões reais pelo trabalho realizado.

Esta região é degradada desde o início das operações mineiras, porque a retirada voluntária de material de rejeito, de responsabilidade da fábrica de cimento, que seria um grande fator de redução de perdas, não atinge nem a 10% das pedreiras onde há operação extrativista de carbonato.

Só nas maiores é que se observa a remoção de material não aproveitável porque dispõem de áreas para manobras de veículos de carga. A maioria das pedreiras, todas localizadas em Santana do Cariri, tem pouca área para realizar esta tarefa e grande parte dessa área está congestionada com material de rejeito (V. fotos no Capítulo 8).

Uma solução primordial e preferencial a realizar seria a criação de grupo associativo, claro, com uma forma de contrapartida pecuniária, para recolher este material e utilizá-lo conforme sugestões feitas pela APL e por Oliveira (1998) em seu trabalho de Mestrado: cales, calagem de solos ácidos, mistura em asfalto para rodovias, produção de tijolos solo/cal.

São soluções simples sem usar sofisticação, que implique investimentos altos, pois não estariam no alcance dos pequenos empresários e arrendatários, salvo se *alguém* bancasse com empréstimos de juros baixos e prazos longos.

A solução do item acima, no entanto, vai de encontro aos interesses dos produtores de cerâmica vermelha, que têm outros produtos não concorrentes com o uso de material solo/cal, porque sua principal receita vem desses tijolos.

A favor de tijolos solo/cal estaria em que sua aplicação seria em mutirões para construção de casas populares, com as jazidas de areia e argila adjacentes ao loteamento e a cal, praticamente a preço vil, seria comprada e/ou preparada em caieiras da região.

A falta de medidas saneadoras acessíveis aos interessados, fáceis de aplicação, é que tornam difíceis as soluções dos inúmeros problemas latentes no caso.

Além disso, há conflito de idéias e interesses entre empresários e arrendatários que não chegam a um senso comum para que todos cooperem em que uns ganhando um pouco e outros cedendo outro tanto.

Outra sugestão é reservar uma área dentro da APA Chapada do Araripe com o intuito de orientar e educar para preservação dos calcários laminados, que têm fósseis, mantendo sem degradação o jazigo fossilífero da Formação Crato.

A URCA poderia dar sua contribuição, com a implementação da Bacia-Escola, oferecendo cursos à população com finalidade acima especificada, tanto em preservação do patrimônio geológico-fossilífero, como em um melhor aproveitamento econômico das lajes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiko, A.K. 1985 Sistemas Solo-cal / Solo cimento. *In: Reunião Aberta da Indústria da Cal, 5*. São Paulo. *Anais ...* São Paulo: ABPC/PCUSP. pp.113-120.

ABPC 1967a **Fornos verticais de grande capacidade**. São Paulo. pp. 3. Nota técnica, 33, Parte 3.

_____ 1967b **Cal usada contra a poluição do ar**. São Paulo. pp. 1-2. Nota técnica, 33, Parte 1.

_____ 1973a **Cal no asfalto**. São Paulo. pp. 4. Nota técnica, 54, Parte 4.

_____ 1973b **Cal na estabilização de canais de irrigação**. São Paulo. pp. 5. Nota técnica, 54, Parte 5.

_____ 1973c **A metalurgia e a Ecologia fomentam o uso da cal**. São Paulo. pp. 5-6. Nota técnica, 54, Parte 6.

_____ 1974 **Notas diversas sobre calagem**. São Paulo. pp. 1-3. Nota técnica, 57, Parte 1.

Ackermann, R.V & Schlische, R.W. 1997 Anticlustering of Small Normal Faults around larger Faults. **Geology**, 25 (12), pp.1127-1130.

Almeida, F.F.M. de 1977 **Origem e evolução da plataforma brasileira**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM. 36P; (Boletim n. 241).

Almeida, F.F.M. de & Hasui, Y. (coords). 1984. **O pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo. Edgard Blucher. 378pp.

Andrade-Lima, D. de. 1966 Botânica / Vegetação. *In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Conselho Nacional de Geografia*, ed. Atlas Nacional do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE/CNG, folha II 11.

Arai, M. & Coimbra, J.C. 1990 Análise Paleoecológica do Registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana: Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe. *In: Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1*, 1990, Crato, CE. *Atas Crato: DNPM/PICG/CPCA/SBP/SBG-NF*. pp. 225-239.

Araújo, F.S. de. 1992. **Composição florística e fitossociologia da vegetação de carrasco, Novo Oriente-CE**. Recife: UFRPE (Dissertação de Mestrado em Botânica). 178pp.

Asmus, H.E. & Porto, R. 1972 Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26*, 1972, Belém, *Anais Belém: SBG*. V.1. pp. 67-90.

Assine, M.L. 1992a Análise estratigráfica da Bacia do Araripe. **Revista Brasileira de Geociências**. Rio de Janeiro, v.22, n.3. pp. 289-300.

_____ 1992b Paleocorrentes na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *In: Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras, 2*, Rio Claro. *Anais*. Rio Claro: UNESP/IGCE/DGS, 1992b. pp. 59-60.

Baecher, G.B. & Lanney, N. 1978 Trace Length Biases in Joint Surveys. Symposium on Rock Mechanics, 19 (I), **Proceedings**, pp.56-65.

Baecher, G.B.; Lanney, N. & Einstein, H.H. 1977 Statistical Description of Rock Properties and Sampling. **US Symposium on Rock Mechanics**, 18, pp. 5C1.1-5C1.8.

Barreto-Campelo, M.L.C. & Figueiredo, M.A. 1999 Botânica / Biodiversidade: *In: FUNDETEC (org.). Projeto Araripe de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável da APA Chapada do Araripe e da Bio-Região do Araripe*. Brasília: MMA/Ibama. 997pp.

Barton, C.A. & Zoback, M.D. 1990 Self-similar Distribution of Macroscopic Fractures at Depth in Crystalline Rock in the Cajon Pass Scientific Drill Hole. *In: Rock Joint*. N.O. Barton & O. Stephansson (eds.). **International Symposium on Rock Joints**, pp. 163-170.

Barton, C.A. & Zoback, M.D. 1992 Self-similar Distribution and Properties of Macroscopic Fractures at Depth in Crystalline Rock in the Cajon Pass Scientific Drill Hole. **Journal Geophysical Research**, B, 97 (4), pp. 5181-5200.

Barton, C.C & Hsieh, P.A. 1989 Physical and Hydrological Flow Properties of Fractures. *In: Environmental, Engineering, and Urban Geology in the United States. Field Trip Guidebook for the International Geological Congress*, 28, Volume 2. Hanshaw P.M. (ed.). **American Geophysical Union**, Washington, 36p.

Belfield, W.C. 1998 Incorporating Spatial Distribution into Stochastic Modeling of Fractures: Multifractals and Lévy-stable Statistics. **Journal of Structural Geology**, 20, pp. 473-486.

Belfield, W.C & Sovich, J.P. 1995 Fracture Statistics from Horizontal Wellbores. **Journal of Canadian Petroleum Technology**, 34 (6), pp. 47-50.

Berkowitz, B & Adler, P.M. 1998 Stereological Analysis of Fracture Network Structure in Geological Formations. **Journal of Geophysical Research**, 103, pp.

Berthou, P.Y. 1990 Le Bassin d'Araripe et lês petits bassins intracontinentaux voisins (NE du Brésil): Formation et évolution dans de cadre l'ouverture de l'Atlantique Equatorial. Comparaison avec les bassins ouest-africains situés dans le même contexte. *In: **Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras**, 1. 1990, Crato, CE. Atas... Crato: DNPM/PICG/CPCA/SBP-SBG-NF. pp. 113-134.*

Berthou, P. Y.; Lopes-Teles, M.S. & Campos, D. de A. 1990 Sedimentation argileuse cretacée dans le Bassin d'Araripe et quelques Bassins annexes (N.E. du Brésil). *In: **Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras**, 1. 1990, Crato, CE. Atas... Crato: DNPM/PICG/CPCA/SBP-SBG-NF. pp. 143-162.*

Beurlen, K. 1962 A Geologia da Chapada do Araripe. **Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro: v.34, n.3.p 365-370.

_____ 1963 Geologia e Estratigrafia da Chapada do Araripe. *In: **Congresso Brasileiro de Geologia***. Recife. *Anais...* Recife: SBG. 47p. Suplemento.

_____ 1971 As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). **Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro: v.43, pp. 411-415. Suplemento.

Bonnet, E.O.; Bour, N.E.; Odling, P.; Davy, I.; Main, P.; Cowie, P.A. & B. Berkovitz, 2001. Scaling of Fracture Systems in Geological Media. **Reviews of Geophysics**, 39(3), pp. 347-383.

Borgos, H.G.; Cowie, P.A. & Dawers, N.H. 2000 Practicalities of Extrapolating One-dimensional Fault and Fracture Size Frequency Distributions to Higher-dimensional Samples. **Journal of Geophysical Research**, 105, pp. 28377-29391.

BRASIL/DNPM 1981 **Projeto RADAMBRASIL. Programa de Integração Nacional**. Folha SB.24/25 Jaguaribe/Natal, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Escala 1:250.000. Rio de Janeiro: DNPM. 744pp.: il. (levantamento de Recursos Naturais, 23)

_____ 1996 **Projeto Avaliação Hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe**. Brasília: DNPM/SGPM. pp.98. il.

BRASIL/IBAMA, 1999 **Projeto Araripe de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável da APA Chapada do Araripe e da Bio-Região do Araripe**. Brasília: MMA/Ibama. pp.997. il.

Braun, O.P.G. 1966 **Estratigrafia dos sedimentos da parte interior da região Nordeste do Brasil** (bacias de Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). Rio de Janeiro: DNPM/DGM. pp. 75. (Boletim n. 236).

Brito Neves, B.B. de; Santos, E.J. dos & Schmus, W.R. 2000 Tectonic History of the Borborema Province, Northern Brazil. *In: U.G. Cordani; E.J. Milani; A. Thomaz Filho & D. de A. Campos (eds.) Tectonic Evolution of South America. Sociedade Brasileira de Geologia*. Rio de Janeiro, 1: 151-182.

Brito, I.M. 1990 Breve Histórico sobre a Estratigrafia da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *In: Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 1, 1990, Crato, CE. *Atas Crato: DNPM/PICG/CPCA/SBP/SBG-NF*, 1990. pp. 1-18.

Cassedanne, J.P. 1965. Indice de sulfures sédimentaires de Taboca (Município de Crato, Etat de Ceará, Brésil). *Bulletin Geologie Société de France (7th Série)*, v. 7, pp. 177-186.

Castaing, C.; Halawani, M.A.; Gervais, F.; Chilés, J.P.; Genter, A.; Bougine, B.; Ouillon, G.; Brosse, J.M.; Martin, P.; Genna, A. & Janjou, D. 1996 Scaling Relationships in Intraplate Fracture Systems Related to Red Sea Rifting, *Tectonophysics*, 261, pp. 291-314.

Chang, H.K.; Kowsmann, R.O. & Figueiredo, A.M.F. de 1990 Novos conceitos sobre o Desenvolvimento das Bacias Marginais do Leste Brasileiro. *In: G.P. Raja Gabaglia & E.J. Milani (Coords.) Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*, Rio de Janeiro: PETROBRÁS, p.269-289. il.

Cincotto, M.A. 1985 Conceitos Básicos sobre a Tecnologia da Cal. *In: Reunião Aberta da Indústria da Cal*, 5, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABPC/PUCSP. pp. 15-26.

Clark, M.B.; Brantley, S.L. & Fisher, D.M. 1995 Power-law Vein Thickness Distributions and Positive Feedback in Vein Growth. *Geology*, 23, pp. 975-978.

CODECE 1997 **Relatório Único de Pesquisa de Calcário Laminado**. Processos DNPM nºs 800123/92 a 800130/92. Fortaleza. 55p. il.

Cruz, M.A.O.M. 1999 Fauna silvestre / Mastofauna do Cariri. *In: FUNDETEC (org.) Projeto Araripe de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável da APA Chapada do Araripe e da Bio-Região do Araripe*. Brasília: MMA/Ibama.

Davy, P. 1993 On the Frequency-Lenght Distribution of the San Andréas Fault System. **Journal of Geophysical Research**, 98, pp. 12141-12151.

Delgado, I. de M.; Souza, J.D. de; Silva, L.C.; Silveira-Filho, N.C. da; Santos, R.A. dos S; Pedreira, A.J.; Guimarães, J.T.; Angelim, L.A. de A.; Vasconcelos, A.M.; Gomes, I.P.; Lacerda-Filho, J.M.; Valente, C.R.; Perrotta, M.M. & Heineck, C.A. 2003 Geotectônica do Escudo Atlântico. *In*: L.A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R.M. Vidotti e J.H. Gonçalves (org.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas & SIG**. CPRM: Brasília. pp. 227-334. il.

Einstein, H.H. & Baecher, G.B. 1983 Probabilistic and Statistical Methods in Engineering Geology. **Rock Mechanics and Rock Engineering**, 16, pp. 39-72.

Farina, M. 1974 **Seqüência plumbífera do Araripe: mineralização singenética sulfetada no Cretáceo sedimentar brasileiro**. Recife: CPRM. 36p. esboço geológico de seções geológicas.

Fernandes, A. G. & Gomes, M.A.F. 1977. Plantas de Cerrado no Litoral Cearense. *In*: **Congresso Nacional de Botânica**, 26. Rio de Janeiro. Academia Brasileira de Ciência, Separata, p. 167-173.

Fernandez-Vítora, V.C. 1997 **Guia Metodologica para la Evaluacion del Impacto Ambiental**. 3.ed. Madrid: 412pp. Il.

Ferreira, A.B. de H. 1986 **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 2.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1838p.

Figueiredo, A.M.F. de 1985 Geologia das Bacias Brasileiras. *In*: Schlumberger (WEC Brasil). **Avaliação das Formações no Brasil.**, Rio de Janeiro: 308p. il.

Figueiredo, M.A. 1983 **A Região dos Inhamuns – CE, no domínio das Caatingas**. Mossoró: Coleção Mossoroense, Série B, nº 411 34p. 34p.

Figueiredo, M.A. et al. 1986. Ocorrência de cerrado no interior do Ceará. *In*: **Congresso Nacional de Botânica**, 37. Ouro Preto, MG.

Figueiredo, M.A. et al. 1988. O Cerradão na Chapada do Araripe-CE. *In*: **Congresso Nacional de Botânica**, 39. Belém, PA.

Figueiredo-Gomes, M. A. F. 1979. **Padrões de Caatinga nos Cariris Velhos, Paraíba**. UFRPE. Recife. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 89p. (Dissertação de Mestrado em Botânica).

Gale, J. F. W. 2002. Specifying length of horizontal wells in fractured reservoirs. **Reservoir Evaluation and Engineering, SPE 78600**, 266-272.

Gale, J.F.W.; Laubach, S.E.; Marrett, R.A.; Olson, J.E.; Holder, J. & Reed, R.M. 2004 Predicting and characterizing fractures in dolomite reservoirs: using the link between diagenesis and fracturing. *In: C. J. R. Braithwaite, G. Rizzi & G. Darke (eds.)*. The Geometry and Petrogenesis of Dolomite Hydrocarbon Reservoirs. Geological Society, London, Special Publications, 235, pp.177-192.

Gale, J. F. W., Laubach, S. E., Olson, J. and Marrett, R. 2005 Using the link between diagenesis and fracturing to accurately predict, characterize, and model fluid-flow in fractured carbonate rocks. **SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference**, Rio de Janeiro, 7p.

Gillespie, P.A.; Walsh, J.J.; Watterson, J.; Bonson, C.G. & Manzocchi, T. 2001 Scaling Relationships of Joint and Veins Arrays from the Burren Co. Clare, Ireland. *In: W.M. Donne, I.S. Stewart & J.P. Turner (eds.)*. Paul Hancock memorial Issue. **Journal of Structural Geology**, 23 (2-3), pp. 183-201.

Gross, M.R. & Engelder, T. 1995 Strain Accommodated by Brittle Fracture in Adjacent Units of the Monterey Formation, U.S.A.: Scale Effects and Evidence for Uniform Displacement Boundary Conditions. **Journal of Structural Geology**, 17, pp. 1303- 1318.

Gudmundson, A. 1987 Geometry, Formation and Development of Tectonic Fractures on Reykjanes Peninsula, Southwest Iceland. **Tectonophysics**, 139, pp. 295-308.

Guillard, H. & Houben, H 1985 Eastern Architecture: Materials, techniques and knowledge at the service of new applications. *In: Workshop Arquitetura de terra*. São Paulo: USP. pp. 14-18.

Hashimoto, A.T.; Appi, J.C.; Soldan, A.L. & Cerqueira, J.R. 1987 O Neo-Alagoas nas bacias do Ceará, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleo-ambiental. **Revista Brasileira de Geociências**. Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, pp. 118-122.

Hatton, C.G.; Main, I.G. & Meredith, P.G. 1993 A Comparison of Seismic and Structural Measurements of Scaling Exponents during Tensile Subcritical Crack Growth. **Journal of Structural Geology**, 15, pp. 1485-1495.

Hatton, C.G.; Main, I.G. & Meredith, P.G. 1993 Non Universal Scaling of Fracture Length and Opening Displacement. **Nature**, 367, pp. 160-162.

Heffer, H.J. & Bevan, T.G. 1990 Scaling Relationships and Natural Fractures: Data, Theory and Applications. **Society of Petroleum Engineers**, Europec 90, paper # 20891. The Hague, pp. 367-376.

Henderson, J.R.; MacLean, C.; Main, I.G. & Norman, M.G. 1994 A Fracture-Mechanical Cellular Automaton Model of Seismicity. **Pure and Applied Geophysics**, 142, pp.545-565.

Herron M. & Mitchell, H. 1966a **Misturas solo-cal**. São Paulo: ABPC. Nota técnica, 29, Parte 1. pp. 1-7.

_____. 1966b **Misturas solo-cal**. São Paulo: ABPC. Nota técnica, 30, Parte 2. pp. 1-3.

_____. 1966c **Misturas solo-cal**. São Paulo: ABPC. Nota técnica, 30, Parte 3. pp. 1-4.

_____. 1967 **Misturas solo-cal**. São Paulo: ABPC. Nota técnica, 33, Parte 6. pp. 1-2

Johnston, J.D. & McCaffrey, K.J.W. 1996 Fractal Geometries of Vein Systems and the Variation of Scaling Relationships with Mechanism. *In: P.A. Cowie, R.J. Knipe, I.G. Main & S.F. Wojtal* (eds.). Scaling Laws for Fault and fracture Populations; Analyses and Applications. **Journal of Structural Geology**, 18 (2-3), pp.349-358.

Lander, R.H. & Walderhaug, O. 1999 Porosity Prediction through Simulation of Sandstone Compaction and Quartz Cementation. **American Association of Petroleum Geologists**, Bulletin 83, pp. 433-449.

Lander, R.H.; Gale, F.W.; Laubach, S.E. & Bonnell, L.M.; 2002 Interaction between Quartz Cementation and Fracturing in Sandstones. **American Association of Petroleum Geologists**. Annual Meeting Abstracts, Houston.

Laubach, S.E. 1997 A Method to detect Natural Fracture Strike in Sandstones. **American Association of Petroleum Geologists**, Bulletin 81 (4), Tulsa, pp.604-623.

_____. 2003 Practical approaches to identifying sealed and open fractures, **American Association of Petroleum Geologists**, Bulletin 87 (4), pp. 561-579.

Laubach, S.E.; Marrett, R.A.; Olson, J.E. & Scott, A.R. 1998 Characteristics and Origins of Coal Cleat: A Review. **International Journal of Coal Geology**, 35, pp.175-207.

Limaverde, J. de A.; Souza, E.T. de & Gomes, F. de A.L. 1987 **A Indústria de Calcários e Dolomitos no Nordeste**. Fortaleza: BNB/ETENE. pp. 303. (Série Estudos Econômicos e Sociais, 34).

Mabesoone, J.M. 1983 **Sedimentologia**. 2.ed. Recife: UFPE. pp. 241-245. il.

Marrett, R. 1996 Aggregate Properties of Fracture Populations. *In: P.A. Cowie, R.G. Knipe, I.G. Main and S.F Wojtal* (eds.). Scaling Laws for Fault and Fracture Populations: Analyses and Applications. **Journal of Structural Geology**, 18 (2-3), pp. 169-178.

Marrett, R. 1997 Permeability, Porosity and Shear-wave Anisotropy from Scaling of Open Fracture Populations. *In: Fractured Reservoirs: Characterization and Modeling Guidebook*. T.E Hoak, A.L. Klavitter and P.K. Blomquist (eds.). **Rocky Mountain Association of Geologists**, Denver, pp. 217-226.

Marrett, R. & Laubach, S.E. 1997 Diagenetic Control on Fracture Permeability and Scaling. **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences**, 34 (3-4), paper # 204.

Marrett, R.; Ortega, O & Kelsey, C. 1999 Extent of Power-law Scaling for Natural Fractures in Rock. **Geology**, 27 (9), pp.799-802.

Martill, D.M. 1993 Fossils of the Santana and Crato Formations, Brazil. **The Paleontological Association**; London: Field Guides to Fossils, n. 5, 159pp.

Martius, K. F. von. 1840. **Flora Brasiliensis**, v. I parte 1. Monachii.

McCaffrey, K.J.W.; Johnston, J.D. & Loriga, M.A. 1994 Variation of Fractal Dimension in Vein Systems. *In: Fault Populations*. P.A. Cowie, I.G. Main and R.G. Knipe (eds.). **Tectonic Studies Group**, Special Meeting, Edinburgh, pp. 103-105,

Mohriak, W.U. 2003 Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. *In: Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas & SIG*. L.A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R.M. Vidotti e J.H. Gonçalves (org.). CPRM: Brasília. pp. 87-168. Il.

Nascimento, J.L.X. 1999 Fauna silvestre / Aves. *In: Projeto Araripe de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável da APA Chapada do Araripe e da Bio-Região do Araripe*. FUNDETEC (org.). Brasília: MMA/Ibama.

Neumann, V.H. de M.L. 1999 **Estratigrafía, Sedimentología, Geoquímica y Diagénesis de los Sistemas Lacustres Aptienses-Albienses de la Cuenca de**

Araripe (Noreste de Brasil). Universitat de Barcelona, España. 244p. (Tesis doctoral).

Neumann, V.H. de M.L. & Cabrera, L. 1999 Una Nueva Proposta Estratigráfica para la Tectonosecuência post-rifte de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil). *In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 5, e Simposio sobre el Cretácico de América Del Sur, 1.* Serra Negra, SP. UNESP, Rio Claro. pp. 279-285.

Neumann, V.H. de M.L.; Cabrera, L.; Mabesoone, J.M.; Valença, L.M.M. & Silva, A. L. da 2002 Ambiente Sedimentar e facies da Seqüência Lacustre Aptiana-Albiana da Bacia do Araripe, NE do Brasil. *In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 5, e Simposio sobre el Cretácico de América Del Sur, 1.* Serra Negra, SP. UNESP, Rio Claro. pp. 37-41.

Neumann, V.H. de M.L. & Viana, M.S.S 2002. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE: Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. *In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.* SIGEP 05, Brasília, DNPM pp 113-120.

Nicol, A.; Walsh, J.J. & Watterson, J. 1996 Fault Size Distributions – Are They Really Power-law?. *Journal of Structural Geology*, 18, pp. 191-197.

Nojosa, D.M.B. 1999 Fauna silvestre / Anfíbios e Répteis. *In: Projeto Araripe de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável da APA Chapada do Araripe e da Bio-Região do Araripe.* FUNDETEC (org.). Brasília: MMA/Ibama.

Odling, N. E., 1992. Network Properties of a Two-dimensional Fracture Pattern. *Pure and Applied Geophysics*, 138, pp. 95-114.

_____ 1997 Scaling and Connectivity Of Joint Systems in Sandstones from Western Norway. *Journal of Structural Geology*, 19 (10), pp. 1257-1271.

Odling, N.E.; Gillespie, E.P.; Bourguin, B.; Castaing, C.; Chiles, J.P.; Christensen, N.P.; Fillion, E.; Genter, A.; Olsen, C.; Thrane, L.; Trice, R.; Aarseth, E.; Walsh, J.J. & Watterson, J. 1999 Variations in Fracture System Geometry and their Implications for Fluid Flow in Fractured Hydrocarbon Reservoirs. *Petroleum Geoscience*, 5, pp. 373-384.

Oliveira, A.A. de 1998 **Calcários Laminados do Cariri: Estudo para redução de perdas na lavra e Aproveitamento do Rejeito Mineral.** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. 160pp. (Dissertação de Mestrado em Geociências).

Oliveira, A.A. de; Brito, A. de L.F. de; Santos, M.E.C.M. dos & Sardenberg, M. 1979 **Projeto Chapada do Araripe.** Fortaleza: DNPM/CPRM. v.5. il. Relatório final.

Oliveira A. de A.; Picchi, F.A.; Cincotto, M.A. & Passos Guimarães, J.E. 1987 **Tijolo solo-cal uma opção para as construções**. São Paulo: ABPC/PUCSP. pp. 1-26.il. Nota técnica, 80, Parte 1.

Olson, J.E. 2004 Predicting fracture swarms – the influence of subcritical crack growth and the crack-tip process zone on joint spacing in rock. In: T. Engelder & J.W. Cosgrove, (eds.). The initiation, propagation, and arrest of joints and other fractures. **Geological Society of London**, 231, p. 73-87. Special Publications.

Ortega-Perez, O.J. 2002 **Fracture-size Scaling and Stratigraphic Controls on Fracture Intensity**. 426pp. (Dissertation for Doctor of Philosophy). The University of Texas at Austin, Texas.

Ortega-Perez, O.J. & Marrett, R. 2000 Prediction of Macrofracture Properties Using Microfracture Information, Mesaverde Group Sandstones, San Juan Basin, New Mexico. **Journal of Structural Geology**, 22 (5), pp.571-588.

Ortega-Perez, O.J.; Marrett, R.; Hamlin, S.; Clift, S. & Reed, R. 1998 Quantitative Macrofracture Prediction Using Microfracture Observations: A Successful Case Study in the Ozona Sandston, West Texas. Extended Abstract. **American Association of Petroleum Geologists**. Annual Meeting Extended Abstracts, Salt Lake City, p. A503.

Ouillon, G.; Castaing, C. & Sornette, D. 1996 Hierarchical Geometry of Faulting. **Journal of Geophysical Research**, 101, pp. 5477-5487.

Peixoto, M.G.G. 1987 **O Buriti em Santana do Cariri**. Crato-CE: Faculdade de Filosofia do Crato. 34pp. (Monografia).

Pickering, G.; Bull, J.M. & Sanderson, D.J. 1995 Sampling Power-law Distributions. **Tectonophysics**, 248, pp. 1-20.

Pinto, C. de S. 1985 Estabilização de Pavimentos com Cal. In: **Reunião Aberta da Indústria da Cal**, 5, São Paulo. *Anais* São Paulo: ABPC/PUCSP. pp. 79-112.

Pons, D.; Berthou, P.Y. & Campos, D. de A. 1990 Quelques observations sur la Palinologie de l’Aptien Superieur et de l’Albien du Bassin d’Araripe (N.E. du Brésil). In: **Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste**, 1, 1990. Crato, Ce. *Atas...* Crato DNPM/PICG/CPCA/SBP/SBG-NF. pp. 309-327.

Ponte, F.C. 1992a Origem e Evolução das pequenas Bacias Cretácicas do Interior do Nordeste do Brasil. In: **Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras**, 2, 1992. Rio Claro. *Anais...* Rio Claro: UNESP/IGCE/DGS. pp. 55-58. il.

Ponte, F.C. 1992b Sistemas deposicionais na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *In: Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras, 2*, 1992. Rio Claro. *Anais...* Rio Claro: UNESP/IGCE/DGS. pp. 81-84. il.

_____. 1994 Extensão Paleogeográfica da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. *In: Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras, 3*, 1994. Rio Claro. *Anais...* Rio Claro: UNESP/IGCE/DGS. pp. 131-135. il.

_____. 1996 Arcabouço Estrutural da Bacia do Araripe. *In: Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras, 4*, 1996. Rio Claro. *Anais...* Rio Claro: UNESP/IGCE/DGS. pp. 169-177. il.

Ponte, F.C. & Appi, C.J. 1990 Proposta de Revisão da Coluna Lito-estratigráfica da Bacia do Araripe. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36*, 1990, Natal. *Anais...* Natal: SBG. v.1. pp. 211-226. il.

Ponte F^o, F.C. 1992 Análise Geohistórica do Poço 2-AP-1-CE, Bacia do Araripe. *In: Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras, 2*, 1992. Rio Claro. *Anais...* Rio Claro: UNESP/IGCE/DGS. pp. 85-89. il.

Ponte, F.C. & Ponte F^o, F.C 1996a Evolução Tectônica e Classificação da Bacia do Araripe. *In: Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras, 4*, 1996. Águas de São Pedro. *Anais...* Rio Claro: UNESP/IGCE/DGS. pp. 123-133. il.

_____. **Estrutura Geológica e Evolução Tectônica da Bacia do Araripe**. Recife: DNPM. 68p. il.

Ponte F^o, F.C & Ponte, F.C. 1992 Caracterização Estratigráfica da Formação Abaiara, Cretáceo inferior da Bacia do Araripe. *In: Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras, 2*, 1992. Rio Claro. *Anais...* Rio Claro: UNESP/IGCE/DGS. pp. 61-62. il.

Priest, S.D. & Hudson, J.A. 1976 Discontinuity Spacing in Rock. **International Journal of Rock Mechanics, Mining Science, and Geomechanics Abstracts**, 13, pp. 135-148.

_____. 1981 Estimation of Discontinuity Spacing and Trace Length Using Surveys. **International Journal of Rock Mechanics, Mining Science, and Geomechanics Abstracts**, 18, pp. 183-197.

QUEIROZ, M. de A. 2002 **Plano de Recuperação de Área Degradada da Região de Nova Olinda, CE – PRAD** Fortaleza: SEMACE. pp. 157, IL.

Rand, H.M. & Manso, V. de A.V. 1984 Levantamento gravimétrico e magnetométrico da Bacia do Araripe. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 33, 1984. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG. v.4, pp. 2011-2016.

Rijken, P. Holder, J., Olson, J. E. & Laubach, S. 2002 Predictioning fractures attributes in the Travis Peak Formation using Quantitative Mechanical Modeling and Structural Diagenesis. *In: Annual Convention Gulf Coast Association of Geologic Societies*, 52.

Roberto, F.A. da C. 1992 Principais depósitos de calcário do Cretáceo brasileiro. *In: Recursos Minerales y Energéticos Del Cretacico da América Latina*, Buenos Aires. *Actas...* Buenos Aires: UNESCO/IUGS/IGCP, 242. pp. 333-386.

_____ 2005 **Projeto Cadastramento de pedreiras de calcário laminado nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri**. Fortaleza, DNPM 10º Distrito. Relatório final.

Rouleau, A. & Gale, J.E. 1985 Statistical Characterization of the Fracture System in the Stripa Granite, Sweden. *International Journal of Rock Mechanics, Mining Science, and Geomechanics Abstracts*, 22, pp. 353-367.

Russel-Hunter, W.D. 1990 **Aquatic Productivity: An introduction to some basic aspects of biological oceanography and limnology**. New York: Macmillman Publishing Co. 344p. il.

Sanderson, D.J.; Roberts, S. & Gumiel, P. 1994 A Fractal Relationship between Vein Thickness and Gold Grade in Drill Core from Codosera, Spain. *Economic Geology*, 89, pp. 168-173.

Santos, J.O.S 2003 Geotectônica dos Escudos das Guianas e Brasil-Central. *In: L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R.M. Vidotti e J.H. Gonçalves (org.). Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas & SIG*. CPRM: Brasília. pp. 169-226. Il.

Santos, R.S. & Valença, J.G. 1968 A Formação Santana e sua Paleoictiofauna. *Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro, v.40, n.3. pp. 339-360.

Segall, P. & Pollard, D.D. 1983 Joint Formation in Granitic Rock of the Sierra Nevada. *Geological Society of America*, Bulletin 94, pp. 563-575.

Silva, A.J.P. da; Lopes, R. da C.; Vasconcelos A.M. de & Bahia, R.B.C. 2003. Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. *In: .A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R.M. Vidotti e J.H. Gonçalves (org.). Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas & SIG*. CPRM: Brasília. pp. 55-85. Il.

Silva, A.L. da 2003 **Estratigrafia Física e Deformação do Sistema lacustre carbonático (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe em afloramentos selecionados**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. 104pp. (Dissertação de Mestrado em Geociências).

Silva, A.L. da & Neumann, V.H. de M.L. 2002 Estratigrafia Física e Deformação do Sistema lacustre carbonático (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe. *In* **Workshop PRH-ANP/MCT dos Programas de Formação de Recursos Humanos para o setor de petróleo e gás da UFPE, 2. Boletim...** Recife, UFPE. pp. 15-19.

Silva, A.L. da; Neumann, V.H. de M.L.; Moura, D.H.L. & Melo, R.P. 2003a Estudo Preliminar da Deformação Lacustre Aptiano-Albiano (Formação Crato) da Bacia do Araripe. *In*: Boletim de Resumos do **Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 9**, e do **International Symposium on Tectonics, 3. Boletim de Resumos**. Búzios, RJ. pp. 324-326.

Silva, A.L. da; Neumann, V.H. de M.L.; Valença, L.M.M.; Moura, D.H.L. & Melo, R.P. 2003b Sequence Stratigraphy of the Araripe Basin Post-rift Phase with Gamma Ray Logs and outcrop Analysis. Abstract do **Latino American Congress of Sedimentology. Abstract** Belém, PA. pp. 150-152.

Silva-Telles Jr., A.C. da & Viana, M.S.S. 1990 Paleoecologia dos Ostracodes da Formação Santana (Bacia do Araripe): Um estudo ontogenético de populações. *In*: **Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1**, 1990. Crato, Ce. *Atas...* Crato DNPM/PICG/CPA/SBP/SBG-NF. pp. 309-327.

Small, H. 1913 **Geologia e suprimento d'água subterrânea do Piahy e parte do Ceará**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Viação e Obras Públicas. IFOCS.

Strahler, A.N. 1987 **Geología Física**. Barcelona : Ed. Omega. 629p. il.

Vermilye, J.M. & Scholtz, C.H. 1995 Relation between Vein Length and Aperture. **Journal of Structural Geology**, 17 (3), pp. 423-434.

Viana, M.S.S. 1990 **Estratigrafia e Paleontología da Formação Santana, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade federal do. Instituto de Geociências. Rio de Janeiro.

_____, 1992 Um Perfil Paleoecológico no Membro Crato da Formação Santana. *In*: **Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras, 2**, 1992. Rio Claro. *Anais...* Rio Claro: UNESP/IGCE/DGS. pp. 55-58. il.

Viana, M.S.S. & Cavalcanti, V.M.M. 1991 Sobre a estratigrafia da Formação Santana, Bacia do Araripe. *Revista Geologia*. Fortaleza, v.4. pp. 51-60.

Warburton, P.M. 1980 A Stereological Interpretation of Joint Traces Data. **International Journal of Rock Mechanics, Mining Science, and Geomechanics Abstracts**, 17, pp. 181-190.

Westaway, R. 1984 Quantitative Analysis of Population of Small Faults. **Journal of Structural Geology**, 16, pp. 1259-1273.

Wetzel, R.G. & Likens, G.E. 1991 **Limnological Analyses**. New York: Springer-Verlag. 261p. il.

APÊNDICE A FLORA**A) MATA ÚMIDA**

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon fraxinifolium</i> Schott	gonçalo-alves
Annonaceae	<i>Guatteria scandens</i> Ducke	
Bignoniaceae	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl.) Nicholson	pau-d'arco-amarelo
Bromeliaceae	<i>Aechmaea bromeliifolia</i> (Rudge) Baker	enxerto
Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i> sp.	enxerto
Bromeliaceae	<i>Tillandsia loliaceae</i> Mart. ex Schult. f..	enxerto
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i> L.	enxerto
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	almécega
Combretaceae	<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum citrifolium</i> A. St.-Hil.	
Leg. Caesalp.	<i>Caesalpinia leiostachya</i> (Benth.) Ducke	pau-ferro
Leg. Caesalp.	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá
Leg. Mimos.	<i>Inga</i> sp.	
Leg. Papil.	<i>Ateleia ovata</i> Mohlenbr.	amarelão
Leg. Papil.	<i>Centrolobium microchaetum</i> Mart.	potumuju
Leg. Papil.	<i>Lonchocarpus araripensis</i> Benth.	angelim
Leg. Papil.	<i>Machaerium angustifolium</i> Vog.	
Leg. Papil.	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.	bálsamo
Lauraceae	<i>Licaria</i> sp.	
Lauraceae	<i>Nectandra</i> cf. <i>mollis</i> Nees	
Lauraceae	<i>Ocotea gardneri</i> (Meisn.) Mez	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	murici
Myrtaceae	<i>Campomanesia dichotoma</i> (Berg.) Mattos	guabiraba
Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) H. Schum.	quina-quina
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	limãozinho
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> A. St.-Hil.	praiba/craiba

B) MATA SECA

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon fraxinifolium</i> Schott.	gonçalo-alves
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira
Anacardiaceae	<i>Spondias mombim</i> Jacq.	cajazeira/cajá
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cuspa</i> (Humb., Bonpl. & Kunth) S. F. Blake ex Pittier	batinga –branca/pereiro-branco
Arecaceae	<i>Acrocomia intumescens</i> Drude	macaúba
Arecaceae	<i>Orbygnia pharelata</i> Mart.	babaçu
Arecaceae	<i>Syagrus comosa</i> Mart	catolé
Asteraceae	<i>Chuiraga sprengeliana</i> Baker	bico-de-garrincha
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart. ex DC.	sacapemba
Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook.	craibeira
Bignoniaceae	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl.) Nicholson	pau-d'arco-roxo
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> Vell. ex Steud.	freijó/frejó
Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i> sp.	enxerto
Bromeliaceae	<i>Tillandsia loliaceae</i> Mart. ex Schult. f.	enxerto
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i> L.	enxerto
Bromeliaceae	<i>Tillandsia streptocarpa</i> Baker	enxerto
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum</i> cf. <i>vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	pacotê
Combretaceae	<i>Thiloa glaucocarpa</i> (Mart.) Eichler	sipaúba
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> sp.	batinga-preta

Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum pungens</i> O. E. Schulz	carrasco
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> cf. <i>rimosum</i> O. E. Schulz	murta
Leg. Caesalp.	<i>Bauhinia</i> sp.	mororó
Leg. Caesalp.	<i>Caesalpinia leiostachya</i> (Benth.) Ducke	pau-ferro
Leg. Caesalp.	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá
Leg. Caesalp.	<i>Senna spectabilis</i> (DC.) Irwin & Barneby var. <i>exelsa</i> (Schrad.) Irwin & Barneby	canafístula
Leg. Mimos.	<i>Acacia glomerosa</i> Benth	angico-bravo
Leg. Mimos.	<i>Enterolobium contorsiliquum</i> (Vell.) Morong	timbauba
Leg. Mimos.	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	jurema-branca
Leg. Mimos.	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>cebil</i> Griseb.) Altschul	angico
Leg. Papil.	<i>Aeschynomene monteiroi</i> A. Fernandes & P. Bezerra	
Leg. Papil.	<i>Dalbergia</i> cf. <i>cearensis</i> Ducke	violeta
Leg. Papil.	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	sacatinga
Leg. Papil.	<i>Lonchocarpus araripensis</i> Benth.	angelim/raiz-de-cobra
Leg. Papil.	<i>Machaerium acutifolium</i> Vog.	
Leg. Papil.	<i>Indigofera blanchetiana</i> Benth.	
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis</i> sp.	
Malvaceae	<i>Guya grandiflora</i> Baker f.	malva
Malvaceae	<i>Malvastrum americanum</i> (L.) Torr.	malva
Malvaceae	<i>Malvastrum coromadianum</i> (L.) Gurck	malva
Malvaceae	<i>Sida urens</i> L.	malva
Malvaceae	<i>Wissadula hirsuta</i> C. Presl.	malva
Malvaceae	<i>Wissadula periplocifolia</i> (L.) C. Presl.	malva
Meliaceae	<i>Cedrela</i> cf. <i>odorata</i> L.	cedro
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trec.	inharé
Olacaceae	<i>Ximenia</i> sp.	ameixa
Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	pimenta-longa/pimenta-de-macaco
Polygalaceae	<i>Bredemeyera floribunda</i> Willd.	manacá
Polygonaceae	<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	pajeú
Rubiaceae	<i>Tocoyena</i> sp.	jenipapinho
Sapindaceae	<i>Talisia esculenta</i> Radlk.	pitomba
Solanaceae	<i>Schwenkia grandiflora</i> Nees et Mart.	batinga
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutamba
Sterculiaceae	<i>Helicteres baruensis</i> Jacq.	guaxuma
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i> Blume	
Verbenaceae	<i>Vitex flavens</i> Humb., Bonpl. & Kunth	mama-cachorro
Viscaceae	<i>Phoradendron</i> sp.	

C) CERRADÃO

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR
Anacardiaceae	<i>Anacardium microcarpum</i> Ducke	cajuí
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon fraxinifolium</i> Schott	gonçalo-alves
Annonaceae	<i>Annona coriacea</i> Mart.	araticum
Annonaceae	<i>Xilopia sericea</i> A. St.-Hil.	embiriba
Annonaceae	<i>Duguetia furfuracea</i> (A. St.-Hil.) Benth.	ata-brava
Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	mangaba
Apocynaceae	<i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel	janaguba
Apocynaceae	<i>Secondatia floribunda</i> A. DC.	
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp.	
Asteraceae	<i>Vanillosmopsis arborea</i> (Gardner) Baker	candieiro/candeia
Asteraceae	<i>Wulffia baccata</i> Kuntze	
Bignoniaceae	<i>Pryostegia venusta</i> (Ker) Miers	

Bignoniaceae	<i>Cybistax cf. antisiphilitica</i> (Mart.) Mart. et. DC.	carobinha
Boraginaceae	<i>Cordia cf. spicata</i> Willd. ex Roem.	
Caryocaraceae	<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.	piqui
Celastraceae	<i>Maytenus obtusifolia</i> Mart.	carrasco
Combretaceae	<i>Buchenavia capitata</i> Eichler	minguiriba/mirindiba
Connaraceae	<i>Connarus detersus</i> Planch.	louro-vermelho
Convolvulaceae	<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier	
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.	
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	
Euphorbiaceae	<i>Sebastiania cf. corniculata</i> Müll. Arg.	
Euphorbiaceae	<i>Maprounea cf. brasiliensis</i> A. St.-Hil.	
Flacourtiaceae	<i>Casearia cf. grandiflora</i> Camb.	café-bravo
Lamiaceae	<i>Hyptis martiusii</i> Benth.	
Lauraceae	<i>Ocotea glomerata</i> (Ness) Benth.	louro-bravo
Lauraceae	<i>Ocotea pallida</i> (Meisn.) Mez	louro-fedorento
Lauraceae	<i>Ocotea duartei</i> Vattimo	louro
Leg. Caesalp.	<i>Chamaecrista rotundifolia</i> Pers.	
Leg. Caesalp.	<i>Copaifera luetzelburgii</i> Harms	podoi/pau-d'óleo
Leg. Caesalp.	<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	faveira
Leg. Caesalp.	<i>Hymenaea stignocarpa</i> Mart. ex Hayne	jatobá-da-casca-fina
Leg. Caesalp.	<i>Hymenaea stilbocarpa</i> Hayne	jatobá-de-cavalo
Leg. Caesalp.	<i>Senna macranthera</i> (Collad.) Irwin & Barneby	
Leg. Caesalp.	<i>Swartzia flaemingii</i> Raddi	banha-de-galinha/banheira
Leg. Caesalp.	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	amargoso
Leg. Caesalp.	<i>Caesalpinia cf. ferrea</i> Mart.	
Leg. Caesalp.	<i>Derris araripensis</i> Benth.	angelim-bravo
Leg. Caesalp.	<i>Senna</i> sp.	
Leg. Mimos.	<i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart.	barbatimão
Leg. Mimos.	<i>Plathymenia</i> sp.	
Leg. Mimos.	<i>Parkia platycephala</i> Benth.	visgueiro
Leg. Mimos.	<i>Plathymenia foliosa</i> Benth.	acende-candeia
Leg. Papil.	<i>Bowdichia virgilioides</i> Humb., Bonpl. & Kunth	
Leg. Papil.	<i>Centrosema arenarium</i> Benth.	
Leg. Papil.	<i>Dioclea virgata</i> (Rich.) Amshoff	mucunã/feijão-de-boi
Leg. Papil.	<i>Rynchosia minima</i> DC.	feijãozinho
Leg. Papil.	<i>Stylosanthes capitata</i> Vogel	
Leg. Papil.	<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.	vassourinha
Leg. Papil.	<i>Clitoria</i> sp.	
Leg. Papil.	<i>Harpalice brasiliana</i> Benth.	
Leg. Papil.	<i>Chamaecrista</i> sp.	
Leg. Papil.	<i>Lonchocarpus</i> sp.	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i> sp.	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> Humb., Bonpl. & Kunth	murici-vermelho
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	murici-de-folha-fina
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis</i> sp.	
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis</i> sp.	
Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i> (L.) Cav.	
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> Triana	candieiro
Melastomataceae	<i>Mouriri guianensis</i> Aubl.	canela-de-veado
Meliaceae	<i>Cedrela cf. odorata</i> L.	cedro
Myrtaceae	<i>Eugenia cf. puniceifolia</i> (Humb., Bonpl. & Kunth) DC.	pituri/murta
Myrtaceae	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	cambuí-bravo

Passifloraceae	<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	maracujá
Passifloraceae	<i>Passiflora glandulosa</i> Cav.	Maracujá
Poaceae	<i>Streptostachys asperifolia</i> (Kunth) Desv.	capim
Poaceae	<i>Panicum</i> sp.	capim
Poaceae	<i>Aristida longifolia</i> Trin.	capim
Poaceae	<i>Eragrostis articulata</i> (Schrank) Nees	capim
Poaceae	<i>Setaria</i> sp.	capim
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	congonha
Rubiaceae	<i>Borreria</i> sp.	
Rutaceae	<i>Zanthoxylon gardneri</i> Engl.	laranjinha
Sapindaceae	<i>Magonia glabrata</i> A. St.- Hill.	tingui-de-bola
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> A. St.-Hil	paraíba/praiaba
Solanaceae	<i>Solanum caavurana</i> Vell.	
Solanaceae	<i>Solanum campaniforme</i> Roem. et Schult.	
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i> L.	jurubeba-roxa
Solanaceae	<i>Solanum stipulaceum</i> Willd. ex Roem et Schult.	sacatinga
Sterculiaceae	<i>Waltheria</i> sp.	
Verbenaceae	<i>Lantana</i> sp.	
Verbenaceae	<i>Stactarpheta</i> sp.	
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	pau-terra

D) CAATINGA

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR
Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	quebra-panela
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira
Anacardiaceae	<i>Schinopsis glabra</i> (Engl.) F. Barkley & T. Mey.	braúna
Anacardiaceae	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	imbu
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pirifolium</i> Mart.	pereiro-preto
Apocynaceae	<i>Allamanda blanchetii</i> A. DC.	alamanda
Araceae	<i>Taccarum peregrinum</i> Schott	milho-de-cobra
Araceae	<i>Spathicarpa hastifolia</i> Hook.	
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	alfavaca
Asteraceae	<i>Bidens bipinnata</i> L.	carrapicho-de-agulha
Asteraceae	<i>Egletes viscosa</i> Less.	marcela/macela
Asteraceae	<i>Eupatorium ballotaefolium</i> Humb., Bonpl. & Kunth	
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea caudigera</i> (S. Moore) A. H. Gentry	bugi
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea corallina</i> (Jacq.) Sandwith	açoita-cavalo
Bignoniaceae	<i>Clytostoma</i> cf. <i>ramentaceum</i> (Mart. ex DC.) Bureau & K. Schum.	cipó-de-caçua
Bignoniaceae	<i>Melloa</i> cf. <i>quadrivalvis</i> (Jacq.) A. H. Gentry	cipó-verdadeiro
Bignoniaceae	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl	pau-d'arco-roxo
Bombacaceae	<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K. Schum.	barriguda
Bombacaceae	<i>Pseudobombax marginatum</i> (A. St.-Hil.) A. Robyns	embiratanha
Boraginaceae	<i>Cordia leucocephala</i> Moric.	moleque-duro
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> Vell. ex Steud.	freijó/frejó
Boraginaceae	<i>Heliotropium indicum</i> L.	crista-de-galo
Bromeliaceae	<i>Bromelia plumieri</i> (Morren) L. B. Sm.	croatá
Bromeliaceae	<i>Encholirium spectabile</i> Mart. ex Schult.	
Bromeliaceae	<i>Tillandsia loliaceae</i> Mart. ex Schult. f.	
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i> L.	
Bromeliaceae	<i>Tillandsia streptocarpa</i> Baker	
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) Gillett	imburana
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	mandacarú
Cactaceae	<i>Pilosocereus gounellei</i> (F. A. C. Weber) Byles & Rowley	xique-xique
Cactaceae	<i>Pilosocereus piauhiensis</i> (Gürke) Byles & Rowley	facheiro

Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	pacotê
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	mofumbo
Combretaceae	<i>Thiloa glaucocarpa</i> (Mart.) Eichler	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea hederifolia</i> L.	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea sericophylla</i> Meisn.	anara
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia evolvuloides</i> (Moric.) Meisn.	jitirana
Cucurbitaceae	<i>Mormodica charantia</i> L.	melão
Euphorbiaceae	<i>Cnidoculus urens</i> (L.) Arthur	urtiga/cansação-branco
Euphorbiaceae	<i>Croton adenocalix</i> Baill.	
Euphorbiaceae	<i>Croton argyrophylloides</i> Müll. Arg.	marmeleiro-branco
Euphorbiaceae	<i>Croton moritibensis</i> Baill.	velame
Euphorbiaceae	<i>Croton sonderianus</i> Müll. Arg.	marmeleiro-preto
Euphorbiaceae	<i>Jatropha molissima</i> (Pohl) Baill.	pinhão
Euphorbiaceae	<i>Manihot glaziovii</i> Müll. Arg.	maniçoba
Euphorbiaceae	<i>Sapium</i> cf. <i>lanceolatum</i> Huber	burra-leiteira
Lamiaceae	<i>Hyptenia salzmanni</i> Benth.	canela-de-ema
Lamiaceae	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	alfazema-brava
Leg. Caesalp.	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	mororó
Leg. Caesalp.	<i>Caesalpinia bracteosa</i> Tul.	catigueira
Leg. Caesalp.	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart.	jucá
Leg. Caesalp.	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin & Barneby	mata-pasto
Leg. Caesalp.	<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link.	
Leg. Caesalp.	<i>Senna spectabilis</i> (DC.) Irwin & Barneby var. <i>excelsa</i> (Scharad.) Irwin & Barneby	canafístula
Leg. Caesalp.	<i>Senna uniflora</i> (P. W. Mill.) Irwin & Barneby	mata-pasto
Leg. Mimos.	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	espinheiro
Leg. Mimos.	<i>Acacia riparia</i> Kunth	unha-de-gato
Leg. Mimos.	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul	angico
Leg. Mimos.	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.	sabiá
Leg. Mimos.	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	jurema
Leg. Mimos.	<i>Parapiptadenia zehntneri</i> (Harms) M. P. Lima & Lima	angico-branco
Leg. Mimos.	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	jurema-branca
Leg. Mimos.	<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth.) Benth.	surucucu
Leg. Papil.	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Sm.	cumarú
Leg. Papil.	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	pau-mocó
Leg. Papil.	<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	orelha-de-rato
Malvaceae	<i>Sida acuta</i> Burm.	relógio
Malvaceae	<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	malva-branca
Malvaceae	<i>Sida glomerata</i> Cav.	relógio
Malvaceae	<i>Wissadula amplissima</i> (L.) R. E. Fr.	paco-paco
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro
Moraceae	<i>Clorophora</i> cf. <i>tinctoria</i> Gaudich.	tatajuba
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	ameixa
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i> L.	maracujá-do-mato/maracujá-bravo
Rhamnaceae	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	juazeiro
Rubiaceae	<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	
Sapotaceae	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem & Schult.) T. D. Penn.	quixabeira
Scrophulariaceae	<i>Scoparia dulcis</i> L.	vassorinha
Selaginellaceae	<i>Selaginella convoluta</i> Spring	jeriçó
Sterculiaceae	<i>Helicteres heptandra</i> L. B. Sm.	sacarrolha
Sterculiaceae	<i>Helicteres indica</i> L.	
Sterculiaceae	<i>Waltheria brachypetala</i> Turcz.	malva
Turneraceae	<i>Turnera subulata</i> Sw.	chanana

Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	Camará/chumbinho
-------------	--------------------------	------------------

E) FLORESTA RIBEIRINHA ou MATA CILIAR

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POP.
Arecaceae	<i>Acrocomia intumescens</i> Drude	macaúba
Arecaceae	<i>Corpernicia prunifera</i> (Mill.) H. E. Moore	carnaúba
Arecaceae	<i>Orbygnia pharelata</i> Mart.	babaçu
Arecaceae	<i>Mauritia vinifera</i> Mart.	buriti
Bignoniaceae	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl	pau-d'arco-roxo
Capparaceae	<i>Cleome spinosa</i> Jacq.	mussambê
Capparaceae	<i>Crateva trapia</i> L.	trapiá
Combretaceae	<i>Combretum lanceolatum</i> Pohl	mofumbo
Chrysobalanaceae	<i>Licania rigida</i> Benth.	oiticica
Hydrophyllaceae	<i>Hydrolea spinosa</i> L.	
Leg. Mimos.	<i>Albizia inundata</i> (Mart.) Barneby & Grimes	muquêm
Leg. Mimos.	<i>Inga cf. vera</i> Willd. var. <i>affinis</i> (DC.) T. D. Pennigtes	ingazeira/ingá
Leg. Mimos.	<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) DC.	ingá
Leg. Papil.	<i>Erythrina velutina</i> Jacq.	mulungu
Pteridaceae	<i>Adiantum deflectens</i> Mart.	
Polygonaceae	<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	pajeú
Rhamnaceae	<i>Zyziphus joazeiro</i> Mart.	juazeiro
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	sabonete
Sapindaceae	<i>Serjania glabrata</i> Kunth	saia-de-coã
Schizaeaceae	<i>Anemia filiformes</i> (Sav.) Sw.	
Scrophulariaceae	<i>Angelonia biflora</i> Benth.	
Scrophulariaceae	<i>Stemodia maritima</i> L.	

F) CARRASCO

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR
Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	
Annonaceae	<i>Duguetia furfuracea</i> (A. St.-Hil.) Benth.	ata-brava
Apocynaceae	<i>Secondatia floribunda</i> A. DC.	
Apocynaceae	<i>Secondatia foliosa</i> A. DC.	
Asteraceae	<i>Wulffia stenoglossa</i> DC.	camará
Asteraceae	<i>Wulffia baccata</i> (L.) Kuntze	camará
Astreraceae	<i>Vanillosmopsis arborea</i> (Gardner) Baker	candeeiro/candeia
Bignoniaceae	<i>Adenocalyma divaricatum</i> Miers	
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea brachypoda</i> (DC.) Burm.	
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea dispar</i> Burm. ex K. Schum.	cipó-branco
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea chica</i> (Humb. & Bonpl.) Verl.	
Bignoniaceae	<i>Jacaranda jasminoides</i> (Thunb.) Sandwith	guabiraba
Bignoniaceae	<i>Mansoa hirsuta</i> DC.	alho
Bignoniaceae	<i>Piriadacus erubescens</i> (Mart. ex DC.) Pichon	
Bignoniaceae	<i>Pyrostegia venusta</i> (Kies) Miers	
Bignoniaceae	<i>Tabebuia cf. pulcherrima</i> Morawetz	
Bignoniaceae	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	
Bignoniaceae	<i>Cuspidaria argentea</i> (Wawra) Sandwith	
Bignoniaceae	<i>Godmania dardanoi</i> (J. C. Gomes) A. H. Gentry	
Boraginaceae	<i>Cordia cf. verbenacea</i> DC.	
Boraginaceae	<i>Cordia globosa</i> (Jack.) Humb., Bonpl. & Kunth	maria-preta
Boraginaceae	<i>Cordia piauihensis</i> Fresen	grão-de-galo
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Stend.) Vell.	freijó/frejorge
Celastraceae	<i>Maytenus obtusifolia</i> Mart.	carrasco
Chrysobalanaceae	<i>Licania octandra</i> (Hoffmanns ex Roem. & Schult.) Kuntze	

Combretaceae	<i>Buchenavia capitata</i> Eichl.	mirindiba/minguiriba
Convolvulaceae	<i>Merremia macrocalyx</i> (Ruiz & Pav.) O'Donell	
Cyperaceae	<i>Cyperus diffusus</i> Vahl	
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> . cf. <i>schomburgkianus</i> Nees	
Erythroxyllaceae	<i>Erythroxyllum barbatum</i> O. E. Schulz	
Erythroxyllaceae	<i>Erythroxyllum betulaceum</i> Mart.	
Erythroxyllaceae	<i>Erythroxyllum stipulosum</i> Plowman	
Erythroxyllaceae	<i>Erythroxyllum vacciniifolium</i> Mart.	catuaba
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	
Euphorbiaceae	<i>Croton argyrophylloides</i> Müll. Arg.	marmeleiro-branco
Euphorbiaceae	<i>Maprounea brasiliensis</i> A. St.-Hil.	casudo
Flacourtiaceae	<i>Casearia grandiflora</i> Camb.	Café-bravo
Lamiaceae	<i>Hyptis martiusii</i> Benth.	
Lauraceae	<i>Ocotea duartei</i> Vattimo	louro
Leg. Caesalp.	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip	
Leg. Caesalp.	<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad)Schrad ex DC.	
Leg. Caesalp.	<i>Bauhinia acuarana</i> Moric.	mororó
Leg. Caesalp.	<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.	mororó
Leg. Caesalp.	<i>Cenostigma macrophyllum</i> Tul.	caneleiro
Leg. Caesalp.	<i>Copaifera luetzelburgii</i> Harms.	pau-d'óleo/podoi
Leg. Caesalp.	<i>Hymenaea martiana</i> Hayne	jatobá-batinga
Leg. Caesalp.	<i>Hymenaea velutina</i> Ducke	jatobá-de-chapada
Leg. Caesalp.	<i>Peltogyne confertiflora</i> (Hayne) Benth.	jatobá-de-chapada
Leg. Caesalp.	<i>Platypodium elegans</i> Vog.	
Leg. Caesalp.	<i>Senna barnebyana</i> A. Fernandes	
Leg. Caesalp.	<i>Senna macranthera</i> (Collad.) Irwin & Barneby	
Leg. Caesalp.	<i>Senna splendida</i> (Vog.) Irwin & Barneby	canafístula
Leg. Caesalp.	<i>Swartzia flaemingii</i> (Karms) Cowan	banha-de-galinha/banheira
Leg. Mimos.	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	pau-amarelo/amarelo
Leg. Mimos.	<i>Acacia langsdorfii</i> Benth.	
Leg. Mimos.	<i>Piptadenia moniliformis</i> Benth.	angico-branco/catanduva
Leg. Mimos.	<i>Mimosa verrucosa</i> Benth.	
Leg. Papil.	<i>Machaerium ovalifolium</i> Glaz.. ex Rudd	
Leg. Papil.	<i>Cranocarpus gracilis</i> A. Fernandes & P. Bezerra	
Leg. Papil.	<i>Dalbergia decipulares</i> Rizz. & Matt.	violeta-rabo-de-macaco
Leg. Papil.	<i>Bocoa mollis</i> (Benth.) Cowan	café-bravo
Lytraceae	<i>Lafoensia replicata</i> Pohl	romã-brava
Malpighiaceae	<i>Byrsonima gardnerana</i> A. Juss.	
Malvaceae	<i>Sida angustissima</i> A. St.-Hil.	
Malvaceae	<i>Sida linifolia</i> Cav.	
Myrtaceae	<i>Eugenia puncaefolia</i> ((Humb., Bonpl. & Kunth) DC.	murta
Myrtaceae	<i>Myrcia acutiloba</i> Berg.	
Myrtaceae	<i>Myrcia bahiensis</i> Berg.	olho-de-pinto
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	ameixa
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i> Benth. & Hook.	marfim
Orchidaceae	<i>Cyrtopodium</i> sp.	
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i> L.	maracujá-de-estrada
Poaceae	<i>Brachiaria</i> sp.	capim
Poaceae	<i>Eragrostis articulata</i> (Schrank) Nees	capim
Poaceae	<i>Setaria</i> sp.	capim
Polygalaceae	<i>Bredemeyera floribunda</i> Willd.	cain/pau-caixão
Polygalaceae	<i>Bredemeyera brevifolia</i> Klotzch ex A. W. Benn.	caminana
Polygalaceae	<i>Securidaca floribunda</i> Walp.	
Rhamnaceae	<i>Colubrina cordifolia</i> Reissek	joão-vermelho

Rutaceae	<i>Pilocarpus pauciflorus</i> A. St.-Hil.	jaborandinha
Sapindaceae	<i>Serjania lethalis</i> A. St.-Hil.	croapé
Solanaceae	<i>Solanum stipulaceum</i> Willd. ex Roem. et Schult.	sacatinga
Verbenaceae	<i>Amasonia coccinea</i> Liebm. ex Moldenke	
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	
Verbenaceae	<i>Vitex cymosa</i> Bert.	mama-cachorro
Violaceae	<i>Hybanthus ipecacuanha</i> Baill.	ipecacuanha
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	pau-terra

G) CERRADO

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR
Anacardiaceae	<i>Anacardium microcarpum</i> Ducke	cajuí
Annonaceae	<i>Annona coriacea</i> Mart.	araticum
Annonaceae	<i>Duguetia furfuracea</i> (A. St. -Hil) Benth.	ata-brava
Annonaceae	<i>Xilopia nitida</i> Dunal	bananinha
Annonaceae	<i>Xilopia sericea</i> A. St.-Hil.	embiriba
Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	mangaba
Apocynaceae	<i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel	janaguba
Asteraceae	<i>Vanillosmopsis arborea</i> (Gardner) Backer	candieiro/candeia
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea chica</i> (Humb. & Bonpl.) Verl.	
Bignoniaceae	<i>Cybistax antispyllitica</i> (Mart.) Mart. et DC.	sacapemba
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	laranjinha
Convolvulaceae	<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier	
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	lixeira
Flacourtiaceae	<i>Casearia grandiflora</i> Camb.	café-bravo
Lamiaceae	<i>Hyptis martiusii</i> Benth.	
Lamiaceae	<i>Hyptis salzmani</i> Benth.	canela-de-ema
Lauraceae	<i>Ocotea duartei</i> Vattino	louro
Lauraceae	<i>Ocotea glomerata</i> (Ness) Benth.	louro-bravo
Leg. Caesalp.	<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	faveira
Leg. Caesalp.	<i>Senna macranthera</i> (Collad.) Irwin & Barneby	
Leg. Caesalp.	<i>Senna rugosa</i> (G. Don) Irwin & Barneby	são-joão
Leg. Caesalp.	<i>Swartzia flaemingii</i> Raddi	banha-de-galinha/banheira
Leg. Mimos.	<i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart.	barbatimão
Leg. Papil.	<i>Acosmium glasycarpa</i> Benth.	pau-pra-tudo
Leg. Papil.	<i>Dioclea virgata</i> (Rich.) Amshoff	mucunã/feijão-de-boi
Leg. Papil.	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	amargoso
Lythraceae	<i>Lafoensia replicata</i> Pohl	romã-brava
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> Humb. Bonpl. & Kunth.	muricí
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	muricí
Malvaceae	<i>Sida linifolia</i> Cav.	
Malvaceae	<i>Sida angustissima</i> A. St.-Hil.	
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> Triana	candieiro
Melastomataceae	<i>Mouriri cearensis</i> Huber	murta
Myrtaceae	<i>Eugenia puncaefolia</i> (Humb., Bonpl. & Kunth) DC.	murta
Myrtaceae	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	cambuí-bravo
Polygalaceae	<i>Securidaca floribunda</i> Walp.	
Polygonaceae	<i>Bredemeyera brevifolia</i> Klotzch ex A. W. Benn.	caminana
Sapindaceae	<i>Magonia glabrata</i> A. St.- Hil.	tingui-de-bola
Sapindaceae	<i>Serjania glabrata</i> Kunth	
Sapindaceae	<i>Serjania lethalis</i> A. St.-Hil.	croapé
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> A. St.- Hill.	paraíba/praiaba
Verbenaceae	<i>Amasonia coccinea</i> Liebm. ex Moldenke	
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	pau-terra

Vochysiaceae	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	pau-terra
Vochysiaceae	<i>Salvertia convallariaeodora</i> A. St.- Hill.	folha-larga

APÊNDICE B FAUNA

A V E S

Am = ameaçada, Vu = vulnerável, Ra = rara, En = endêmica do Brasil, En (NE) = endêmica do Nordeste,
Vn = visitante do Hemisfério Norte, I = introduzida [Collar *et al.* 1994 (*apud* Brasil/IBAMA, 1999)
e Sick 1997 (*apud* Brasil/IBAMA, 1999) adaptado].

Famílias / Espécies	Nome comum	English name
TINAMIDAE		
<i>Crypturellus noctivagus</i> Ra; En	Zabelê	Yellow-legged tinamou
<i>Crypturellus parvirostris</i>	Inhambu-chororó	Small-billed tinamou
<i>Crypturellus tataupa</i>	Inhambu-chitã	Tataupa tinamou
<i>Nothura maculosa</i>	Codorna-comum	Spotted nothura
ARDEIDAE		
<i>Bubulcus ibis</i>	Garça-vaqueira	Cattle-egret
CATHARTIDAE		
<i>Coragyps atratus</i>	Urubu-de-cabeça-preta	Black vulture
<i>Cathartes aura</i>	Urubu-de-cabeça-vermelha	Turkey vulture
<i>Cathartes burrovianus</i>	Urubu-de-cabeça-amarela	Lesser yellow-headed vulture
ACCIPITRIDAE		
<i>Elanus leucurus</i>	Peneira	Black-shouldered
<i>Elanoides forficatus</i>	Gavião-tesoura	Swallow-tailed kite
<i>Harpagus bidentatus</i>	Ripina	Double-toothed kite
<i>Accipiter bicolor</i>	Gavião-bombachinha-grande	Bicolored hawk
<i>Buteo albicaudatus</i>	Gavião-de-rabo-branco	White-tailed hawk
<i>Buteo brachyurus</i>	Gavião-de-cauda-curta	Short-tailed hawk
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavião-carijó	Roadside hawk
<i>Buteogallus meridionalis</i>	Gavião-caboclo	Savanna hawk
FALCONIDAE		
<i>Herpethotes cachinnans</i>	Acauã	Laughing falcon
<i>Micrastur semitorquatus</i>	Gavião-relógio	Collared forest-falcon
<i>Milvago chimachima</i>	Carrapateiro	Yellow-headed caracara
<i>Polyborus plancus</i>	Carcará	Crested caracara
<i>Falco femoralis</i>	Falcão-de-coleira	Aplomado falcon
<i>Falco sparverius</i>	Quiriquiri	American kestrel
CRACIDAE		
<i>Penelope superciliaris</i>	Jacupemba	Rusty-margined guan
<i>Penelope jacucaca</i> Ra ; En (NE)	Jacucaca	White-browed guan
CARIAMIDAE		
<i>Cariama cristata</i>	Seriema	Red-legged seriema
CHARADRIIDAE		
<i>Vanellus chilensis</i>	Quero-quero	Southern lapwing
COLUMBIDAE		
<i>Columba picazuro</i>	Asa-branca	Picazuro Pigeon
<i>Zenaida auriculata</i>	Avoante, Arribaça	Eared Dove
<i>Columbina minuta</i>	Rolinha-de-asa-canela	Plain-breasted Ground Dove
<i>Columbina talpacoti</i>	Rolinha-caldo-de feijão	Ruddy ground Dove
<i>Columbina picui</i>	Rolinha-branca	Picui ground dove
<i>Claravis pretiosa</i>	Pomba-de-espelho	Blue ground-dove
<i>Scardafella squamata</i>	Fogo-apagou	Scaled dove
<i>Laportula verreauxi</i>	Juriti	White-tipped dove
<i>Leptotila rufaxilla</i>	Gemedeira	Gray-fronted dove
PSITTACIDAE		
<i>Aratinga cactorum</i> En (NE)	Periquito-da-caatinga	Cactus parakeet
<i>Forpus xanthopterygius</i>	Tuim	Blue-winged arrotlet
<i>Amazona aestiva</i>	Papagaio-verdadeiro	Turquoise-fronted parrot
CUCULIDAE		
<i>Piaya cayana</i>	Alma-de-gato	Squirrel cuckoo
<i>Crotophaga major</i>	Anu-coroça	Greater ani
<i>Crotophaga ani</i>	Anu-preto	Smooth-billed anu
<i>Crotophaga major</i>	Anu-coroça	Greater ani
<i>Guira guira</i>	Anu-branco	Guira cuckoo
<i>Tapera naevia</i>	Saci	Striped cuckoo
TYTONIDAE		
<i>Tyto alba</i>	Rasga-mortalha	Barn owl
STRIGIDAE		
<i>Otus choliba</i>	Corujinha-do-mato	Tropical screech-owl
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Caburé	Ferruginous pygmy-owl
<i>Rhinopteryx clamator</i>	Coruja-orelhuda	Striped owl
NYCTIBIIDAE		

<i>Nyctibius griseus</i>	Urutau	Common potoo
CAPRIMULGIDAE		
<i>Chordeilles acutipennis</i>	Bacurau-de-asa-fina	Lesser-nighthawk
<i>Chordeilles minor</i> Vn	Bacurau-norte-americano	Common nighthawk
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Curiango, Bacurau	Pauraque
<i>Caprimulgus parvulus</i>	Bacurau-chintã	Little nightjar
APODIDAE		
<i>Streptoprocne zonaris</i>	Andorinhão-de-coleira	White-collared swift lnh-ow
<i>Reinarda squamata</i>	Tesourinha	Fork-tailed palm-swift
TROCHILIDAE		
<i>Glaucis hirsuta</i>	Balança-rabo-de-bico-torto	Rufous-breasted hermit
<i>Phaethornis pretrei</i>	Rabo-branco-de-sobre-branco	Planalto hermit
<i>Phaethornis gounellei</i> En (NE)	Rabo-branco-de-cauda-larga	Broad-tipped hermit
<i>Phaethornis ruber</i>	Besourinho-da-mata	Reddish hermit
<i>Eupetomena macroura</i>	Tesourão	Swallow-tailed hummingbird
<i>Chrysolampis mosquitos</i>	Beija-flor-vermelho	hummingbird
<i>Chlorostilbon aureoventris</i>	Besourinho-de-bico-vermelho	Glittering-bellied emerald
<i>Thalurania watertonii</i> En	Beija-flor-de-costa-violeta	Long-tailed woodnymph
<i>Amazilia fimbriata</i>	Beija-flor-garganta-verde	Glittering-throated emerald
<i>Helimaster longirostris</i>	Bico-reto-cinzento	Long-billed starthroat
TROGONIDAE		
<i>Trogon curucui</i>	Surucua-de-barriga-vermelha	Blue-crowned trogon
GALBULIDAE		
<i>Galbula ruficauda</i>	Bico-de-agulha-de-rabo-vermelho	Rufous-tailed jacamar
BUCCONIDAE		
<i>Nystallus maculatus</i>	Rapazinho-dos-velhos	
PICIDAE		
<i>Picumnus limae</i> Vu ; En (NE)	Pica-pau-anão-da-caatinga	Ochraceous piculet
<i>Colaptes campestris</i>	Pica-pau-do-campo	Campo flicker
<i>Piculus chrysochloros</i>	Pica-pau-dourado-escuro	Golden-green woodpecker
<i>Celeus flavescens</i>	Pica-pau-de-cabeça	Blond-crested woodpecker
<i>Dryocopus lineatus</i>	Pica-pau-de-banda-branca	Lineated woodpecker
<i>Veniliornis passerinus</i>	Pica-pauzinho-anão	Little-woodpecker
THAMNOPHILIDAE		
<i>Taraba major</i>	Choró-boi	Great antshrike
<i>Sakesphorus cristatus</i> En (NE)	Choca-do-nordeste	Silvery-cheeked antshrike
<i>Thamnophilus doliatus</i>	Choca-barrada	Barred antshrike
<i>Thamnophilus punctatus</i>	Choca-bate-cabo	Slaty antshrike
<i>Thamnophilus torquatus</i>	Choca-de-asa-vermelha	Rufous-winged antshrike
<i>Dysithamus mentalis</i>	Choquinha-lisa	Plain antvireo
<i>Myrmochilus strigilatus</i>	Piu-piu	Stripe-backed antbird
<i>Herpsilochmus pileatus</i>	Chorozinho-de-chapéu-preto	Black-capped antwren
<i>Herpsilochmus longirostris</i>	Chorozinho-de-bico-comprido	Large-billed antwren
<i>Formicivora melanogaster</i>	Formigueiro-de-barriga-preta	Black-bellied antwren
FORMICARIIDAE		
<i>Hylopezus ochroleucus</i>	Pinto-do-mato	Speckle-breasted antpitta
FURNARIIDAE		
<i>Furnarius rufus</i>	João-de-barro	Rufous hornero
<i>Furnarius figulus</i> En	Casaca-de-couro-da-lama	Wing-banded hornero
<i>Synallaxis frontalis</i>	Petrim, Tifli	Sooty-fronted spinetail
<i>Poecilurus scutatus</i>	Estrelinha-preta	Ochre-cheeked spinetail
<i>Gyalophylax hellmayri</i> Vu ; En (NE)	João-chique-chique	Red-shouldered spinetail
<i>Phacellodomus rufifrons</i>	Casaca-de-couro, João-graveto	Plain thornbird
<i>Pseudoisura cristata</i>	Casaca-de-couro	Rufous cacholote
<i>Automolus leucopthalmus</i>	Barranqueiro-olho-branco	White-eyed foliage-gleaner
<i>Megaxenops parnaguae</i> Vu ; En	Bico-virado-da-caatinga	Great xenops
<i>Sclerulus scansor</i>	Vira-folhas	Rufous-breasted leaf-tosser
4DENDROCOLAPTIDAE		
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Arapaçu-verde	Olivaceous woodcreeper
<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	Arapaçu-de-garganta-vermelha	Buff-throated woodcreeper
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	Arapaçu-do-cerrado	Narrow-billed woodcreeper
<i>Campylorhamphus trochilrostris</i>	Arapaçu-beija-flor	Red-billed scythebill
TYRANNIDAE		
<i>Camptostoma obsoletum</i>	Risadinha	Southern beardless tyrannulet
<i>Phaeomyias murina</i>	Bagaceiro	Mouse-colored tyrannulets
<i>Sublegatus modestus</i>	Sertanejo	Scrub flycatcher
<i>Suiriri suiriri</i>	Suiriri-cinzento	Suiriri flycatcher
<i>Myiopagis viridicata</i>	Guaracava-de-olheiras	Greenish elaenia
<i>Myiopagis caniceps</i>	Guaracava-cinzenta	Gray elaenia
<i>Elaenia flavogaster</i>	Guaracava-de-barriga-amarela	Yellow-bellied elaenia
<i>Elaenia spectabilis</i>	Guaracava-grande	Large elaenia
<i>Elaenia parvirostris</i>	Guaracava-de-bico-pequeno	Small-billed elaenia

<i>Elaenia mesoleuca</i>	Tuque, Maria Tola	Olivaceous elaenia
<i>Elaenia cristata</i>	Guaracava-de-topete-uniforme	Plain-crested elaenia
<i>Elaenia chiriquensis</i>	Chibum	Lesser elaenia
<i>Euscarthmus meloryphus</i>	Barulhento	Tawny-crowned pygmy-tyrant
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	Cabeçudo	Sepia capped flycatcher
<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i>	Sebinho-de-olho-de-ouro	Pearly-vented tody-tyrant
<i>Todirostrum cinereum</i>	Ferreirinho-relógio	Common tody-flycatcher
<i>Tolmomyias flaviventris</i>	Bico-chato-amarelo	Yellow-breasted flycatcher
<i>Platyrinchus mystaceus</i>	Patinho	White-throated spadebill
<i>Myiobius atricaudus</i>	Assadinho-de-cauda-preta	Black-tailed flycatcher
<i>Myiophobus fasciatus</i>	Filipe	Bran-colored flycatcher
<i>Lathrotricus eulerei</i>	Enferrujado	Euler's flycatcher
<i>Cnemotricus fuscatus</i>	Guaracavuçu	Fuscos flycatcher
<i>Xolmis irupero</i>	Noivinha	White monjita
<i>Fluvicola nengeta</i>	Lavadeira-mascarada	Masked water-tyrant
<i>Arundinicola leucocephala</i>	Lavadeira	White-headed marsh-tyrant
<i>Casiornis fusca</i> En	Caneleiro-enxofre	Ash-throated casiornis
<i>Myiarchus ferox</i>	Maria cavaleira	Short-crested flycatcher
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Maria-cavaleira-de-asa-ferrugem	Brown-crested flycatcher
<i>Myiarchus swainsoni</i>	Irrê	Swainson's flycatcher
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-te-vi	great kiskadee
<i>Megarhynchus pitangua</i>	Bem-te-vi-de-bico-chato	Boat-billed flycatcher
<i>Myiozetetes similis</i>	Bem-te-vizinho-penacho-vermelho	Social flycatcher
<i>Myiodinastes maculatus</i>	Bem-te-vi-rajado	Streaked flycatcher
<i>Legatus leucophaeus</i>	Bem-te-vi-pirata	Piratic flycatcher
<i>Empidonax varius</i>	Peitica	Variegated flycatcher
<i>Tyrannus savana</i>	Tesoura	Fork-tailed flycatcher
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suiriri	Tropical kingbird
<i>Pachyrhamphus polychopterus</i>	Caneleiro-preto	White-winged becard
PIPRIDAE		
<i>Antilophia bokermanni</i> En (NE)	Lavadeira-da-mata	
<i>Neopelma pallescens</i>	Fruxu-do-cerradão	Pale-bellied tyrant-manakin
COTINGIDAE		
<i>Procnias averano</i> Ra	Araponga-do-nordeste	Bearded bellbird
HIRUNDINIDAE		
<i>Tachycineta albiventer</i>	Andorinha-do-rio	White-winged swallow
<i>Phaeoprogne tapera</i>	Andorinha-do-campo	Brown-chested Martin
<i>Progne chalybea</i>	Andorinha-doméstica-grande	Gray-breasted martin
<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>	Andorinha-pequena-de-casa	Blue-and-white swallow
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Andorinha-serrador	Rough-winged swallow
<i>Hirundo rustica</i>	Andorinha-de-bando	Barn swallow
CORVIDAE		
<i>Cyanocorax cyanopogon</i> En	Cancã	White-naped jay
TROGLODYTIDAE		
<i>Thryothorus genibarbis</i>	Garrincho-pai-avô	Moustached wren
<i>Thryothorus leucotis</i>	Garrincho-de-barriga-vermelha	Buff-breasted wren
<i>Thryothorus longirostris</i> En	Garrincho-de-bico-grande	Long-billed wren
<i>Troglodytes aedon</i>	Corruíra, Cambaxirra	House wren
MUSCICAPIDAE		
<i>Poliophtila plumbea</i>	Balança-rabo-de-chapéu-preto	Tropical gnatcatcher
<i>Turdus rufiventris</i>	Sabiá-laranjeira	Rufous-bellied thrush
<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá-barranco	Pale-breasted thrush
<i>Turdus amaurochalinus</i>	Sabiá-poca	Creamy-bellied thrush
<i>Turdus albicollis</i>	Sabiá-coleira, Carachuê-coleira	White-necked thrush
MIMIDAE		
<i>Mimus saturninus</i>	Arrebita-rabo	Chalk-browed mockingbird
MOTACILIDAE		
<i>Anthus lutescens</i>	Caminheiro-zumbidor	Yellowish pipit
VIREONIDAE		
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Pitiguari	Rufous browed peppershrike
<i>Vireo olivaceus</i>	Juruviara-norte-americano	Red-eyed vireo
<i>Hylophilus poicilotis</i>	Verdinho-coroado	Rufous-crowned greenlet
EMBERIZIDAE		
<i>Basileuterus flaveolus</i>	Pula-pula-amarelo	Flavescent warbler
<i>Basileuterus culicivorus</i>	Pula-pula	Golden-crowned warbler
<i>Coereba flaveola</i>	Cambacica, Caga sego	Bananaquit
<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	Bico-de-veludo	Cinnamon tanager
<i>Hemithraupis guira</i>	Saíra-de-papo-preto	Guira tanager
<i>Nemosia pileata</i>	Saíra-de-chapéu-preto	Hooded tanager
<i>Tachyphonus rufus</i>	Pipira-preta	White-lined tanager
<i>Piranga flava</i>	Sanhaço-de-fogo	Hepatic tanager
<i>Thraupis sayaca</i>	Sanhaço-cinzento	Sayaca tanager

<i>Thraupis palmarum</i>	Sanhaço-do-coqueiro	Palm tanager
<i>Euphonia chlorotica</i>	Vivi, Gaturamo-fifi	Purple-throated euphonia
<i>Tangara cayana</i>	Saíra-amarelo	Burnished-buff tanager
<i>Dacnis cayana</i>	Saíra, Saí-azul	Blue dacnis
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	Saí-beija-flor	Red legged honeycreeper
<i>Zonotrichia capensis</i>	Tico-tico-verdadeiro	Rufous-collared sparrow
<i>Ammodramus humeralis</i>	Tico-tico-do-campo	Yellow-browed sparrow
<i>Sicalis flaveola</i>	Canário-da-terra	Saffron yellow-finch
<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu	Blue-black grass quit
<i>Sporophila lineola</i>	Bigodinho	Lined-seedeater
<i>Sporophila nigricollis</i>	Baiano	Yellow-bellied seedeater
<i>Sporophila albogularis</i>	Brejão	White-throated Seedeater
<i>Sporophila leucoptera</i>	Chorão	White-bellied seedeater
<i>Arremon taciurnus</i>	Tico-tico-do-mato-de-bico-preto	Pectoral sparrow
<i>Coryphospingus pilleatus</i>	Tico-tico-rei-cinza	Pileated finch
<i>Paroaria dominicana</i> En	Galo-de-campina	Red-cowled cardinal
<i>Passerina brissonii</i>	Azulão	Ultramarine grosbeak
<i>Icterus cayanensis</i>	Inhapim, Encontro	Epaulet oriole
<i>Icterus jamacaii</i>	Corrupião, Sofrê	Troupial
<i>Agelaius ruficapillus</i>	Garibaldi	Chestnut-capped blackbird
<i>Carduelis yarellii</i> Vu	Pintassigo-do-nordeste	Yellow-faced siskin
PASSERIDAE		
<i>Passer domesticus</i> I	Pardal	House sparrow

Aves registradas por ambiente

MS= matas secas, CA= carrasco, CE= cerrado, MU= matas úmidas, AA= áreas antrópicas, CAA= caatinga.

*= Registro existente em bibliografia.

FAMÍLIAS / ESPÉCIES	MS	CA	CE	MU	AA	CAA	TC(NA)
TINAMIDAE							
<i>Crypturellus noctivagus</i> *							
<i>Crypturellus parvirostris</i>		X					
<i>Crypturellus tataupa</i>	X	1					1
<i>Nothura maculosa</i>		X			X		
ARDEIDAE							
<i>Bubulcus ibis</i>					X		
CATHARTIDAE							
<i>Coragyps atratus</i> *	X	X	X	X	X		
<i>Cathartes aura</i> *	X	X	X				
<i>Cathartes burrovianus</i>		X					
ACCIPITRIDAE							
<i>Elanus leucurus</i>					X		
<i>Elanoides forficatus</i>			X		X		
<i>Harpagus bidentatus</i>			X				
<i>Accipiter bicolor</i> *							
<i>Buteo albicaudatus</i>	X			X	X		
<i>Buteo brachyurus</i>	X						
<i>Rupornis magnirostris</i> *	X	X	X	X	X		
<i>Buteogallus meridionalis</i>					X		
FALCONIDAE							
<i>Herpetotheres cachimans</i> *							
<i>Micrastur semitorquatus</i> *							
<i>Milvago chimachima</i> *			X		X		
<i>Polyborus plancus</i> *		X		X	X		
<i>Falco femoralis</i>					X		
<i>Falco sparverius</i> *				X			
CRACIDAE							
<i>Penelope superciliaris</i> *	X		X				
<i>Penelope jacucaca</i> *	X	X	X				
CARIAMIDAE							
<i>Cariama cristata</i> *							
CHARADRIIDAE							
<i>Vanellus chilensis</i>					X		

Impactos Antrópicos nos Carbonatos da Região de Nova Olinda e Santana do Cariri – CE

COLUMBIDAE						
<i>Columba picazuro</i>			X		X	
<i>Zenaida auriculata</i>		X			X	
<i>Columbina minuta*</i>				X		
<i>Columbina talpacoti*</i>		X		X	X	
<i>Columbina picui</i>					X	
<i>Claravis pretiosa*</i>		1				1
<i>Scardafella squammata</i>	X	X				
<i>Leptotila verreauxi*</i>						
<i>Leptotila rufaxilla</i>	X					
PSITTACIDAE						
<i>Aratinga cactorum</i>	X	X	X			
<i>Forpus xanthopterygius*</i>			X	X	X	
<i>Amazona aestiva</i>			X			
CUCULIDAE						
<i>Piaya cayana*</i>	X	X		X	X	
<i>Crotophaga major</i>				X	X	
<i>Crotophaga ani*</i>	X	X		X	X	
<i>Guira guira*</i>				X		
<i>Tapera naevia*</i>						
TYTONIDAE						
<i>Tyto alba*</i>						
STRIGIDAE						
<i>Otus choliba</i>	X	X				
<i>Glaucidium brasilianum</i>			X			
<i>Rhinoptynx clamator*</i>						
NYCTIBIIDAE						
<i>Nyctibius griseus</i>		X				
CAPRIMULGIDAE						
<i>Chordeilles acutipennis</i>			X		X	
<i>Chordeilles minor*</i>						
<i>Nyctidromus albicollis*</i>	X	X	X			
<i>Caprimulgus parvulus</i>			X			
APODIDAE						
<i>Streptoprocne zonaris*</i>						
<i>Reinarda squamata</i>		X	X			
TROCHILIDAE						
<i>Glaucis hirsuta</i>	X					
<i>Phaetornis pretrei*</i>	X			2(NA)		2(NA)
<i>Phaetornis gounellei</i>		X				
<i>Phaetornis ruber</i>				X		
<i>Eupetomena macroura</i>	X		X			
<i>Chrysolampis mosquitus</i>				X		
<i>Chlorostilbon aureoventris</i>		2(NA)	4	X		6(2NA)
<i>Thalurania watertonii *</i>			X			
<i>Amazilia fimbriata *</i>	2(NA)		2	X		4(2NA)
<i>Helimaster longirostris</i>			X			
TROGONIDAE						
<i>Trogon curucui</i>		X	X	X		
GALBULIDAE						
<i>Galbula ruficauda</i>	X	2	X	1		3
BUCCONIDAE						
<i>Nystalus maculatus</i>					X	
PICIDAE						
<i>Picumnus limae*</i>		1		1(NA)		2(1NA)
<i>Colaptes campestris</i>			X		X	
<i>Piculus chrysochloros*</i>						
<i>Celeus flavescens *</i>						

Impactos Antrópicos nos Carbonatos da Região de Nova Olinda e Santana do Cariri – CE

<i>Dryocopus lineatus</i>			X			
<i>Veniliornis passerinus</i>	X	X		X		
THAMNOPHILIDAE						
<i>Taraba major</i>	X	1				1
<i>Sakesphorus cristatus</i>	1	1				2
<i>Thamnophilus doliatus</i>	X	2				2
<i>Thamnophilus punctatus*</i>	6	10	4	2		22
<i>Thamnophilus torquatus*</i>		X				
<i>Dysithamnus mentalis</i>	X					
<i>Myrmochilus strigilatus</i>		4				4
<i>Herpsilochmus pileatus</i>	3	1		2		6
<i>Herpsilochmus longirostris</i>	X					
<i>Formicivora melanogaster</i>	2	6(1NA)				8(1NA)
FORMICARIIDAE						
<i>Hylopezus ochroleucus *</i>						
FURNARIIDAE						
<i>Furnarius rufus</i>				X		
<i>Furnarius figulus*</i>					X	
<i>Synallaxis frontalis</i>	X	1	1			2
<i>Poecilurus scutatus</i>			2			2
<i>Gyalophylax hellmayri</i>		2				2
<i>Phacellodomus rufifrons</i>		X			X	
<i>Pseudoseisura cristata</i>					X	
<i>Automolus leucophthalmus</i>	X					
<i>Megaxenops parnaguae</i>		7				7
<i>Sclerulus scansor*</i>	3	2(1NA)	4	1		10(1NA)
DENDROCOLAPTIDAE						
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	11	X	7	1		19
<i>Xiphorhynchus guttatus*</i>						
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	X					
<i>Campylorhamphus trochilirostris</i>		1				1
TYRANNIDAE						
<i>Camptostoma obsoletum</i>	X	X	X			
<i>Phaeomyias murina</i>		3	X			3
<i>Sublegatus modestus</i>	X	1				1
<i>Suiriri suiriri</i>	X		X			
<i>Myiopagis viridicata</i>	X	1				1
<i>Myiopagis caniceps</i>						
<i>Elaenia flavogaster</i>	15	4		X		19
<i>Elaenia spectabilis</i>	X					
<i>Elaenia parvirostris</i>	X	1				1
<i>Elaenia mesoleuca</i>	X					
<i>Elaenia cristata</i>	1		X			1
<i>Elaenia chiriquensis</i>	X					
<i>Euscarthmus meloryphus</i>	X					
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	X		X			
<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i>	X	5	X	X		5
<i>Todirostrum cinereum</i>	X	1	1			2
<i>Tolmomyias flaviventris</i>	2	1	5	4		12
<i>PlatyrInchus mystaceus</i>	5			1(NA)		6(1NA)
<i>Myiobius atricaudus</i>	7	1	4	8		20
<i>Myiophobus fasciatus</i>	X					
<i>Lathrotricus euleri</i>	X					
<i>Cnemotricus fuscatus</i>		3	2			5
<i>Xolmis irupero</i>					X	
<i>Fluvicola nengeta</i>	X			X		
<i>Arundinicola leucocephala</i>					X	
<i>Casiornis fusca</i>			X		X	

Impactos Antrópicos nos Carbonatos da Região de Nova Olinda e Santana do Cariri – CE

<i>Myiarchus ferox</i>	X					
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	X					
<i>Myiarchus swainsoni</i>	X					
<i>Pitangus sulphuratus</i>	X	X	X	X		
<i>Megarhynchus pitangua</i>	X	X	X			
<i>Myiozetetes similis</i>	1		X	X		1
<i>Myiodinastes maculatus</i>	X					
<i>Legatus leucophaeus</i>	X					
<i>Empidonax varius</i>	X	X				
<i>Tyrannus savana</i>						
<i>Tyrannus melancholicus</i>	1	X	X	X		1
<i>Pachyrhamphus polychopterus*</i>	1	3				4
PIPRIDAE						
<i>Antilophia bokermanii</i>				4		4
<i>Neopelma pallescens</i>	18	17	25(2NA)	X		60(2NA)
COTINGIDAE						
<i>Procnias averano*</i>						
HIRUNDINIDAE						
<i>Tachycineta albiventer</i>			X		X	
<i>Phaeoprogne tapera</i>			X		X	
<i>Progne chalybea</i>	X					X
<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>			X	X		
<i>Sielgidopteryx ruficollis</i>	X			X		
<i>Hirundo rustica</i>	X					
CORVIDAE						
<i>Cyanocorax cyanopogon</i>	2	1	X	X		3
TROGLODYTIDAE						
<i>Thryothorus genibarbis</i>	X	X				
<i>Thryothorus leucotis</i>	X	X	X			
<i>Thryothorus longirostris</i>	X	6	2	X		8
<i>Troglodytes aedon</i>	X	X				
MUSCICAPIDAE						
<i>Polioptila plumbea</i>	1	X	X	X	X	1
<i>Turdus rufiventris</i>	X			X		
<i>Turdus leucomelas</i>	17	12	8	6		43
<i>Turdus amaurochalinus</i>	1	5	2			8
<i>Turdus albicollis</i>	X	X				
MIMIDAE						
<i>Mimus saturninus</i>		X	X	X	X	
MOTACILIDAE						
<i>Anthus lutescens</i>				X	X	
VIREONIDAE						
<i>Cycularhis gujanensis</i>	X	2				2
<i>Vireo olivaceus*</i>						
<i>Hylophilus poicilotis</i>	1	3	X			4
EMBERIZIDAE						
<i>Basileuterus flaveolus</i>	4	5	4	2		15
<i>Basileuterus culicivorus</i>	4			4	X	8
<i>Coereba flaveola</i>	X	4	2	X	X	6
<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	X	5	X			5
<i>Hemithraupis guira</i>	X		X			
<i>Nemosia pileata</i>	X		X			
<i>Tachyphonus rufus</i>	X					
<i>Piranga flava</i>			X			
<i>Thraupis sayaca</i>	X	X	X	X	X	
<i>Thraupis palmarum</i>	X	X	X	X	X	
<i>Euphonia chlorotica</i>	X		X	1	X	1
<i>Tangara cayana</i>	6	4	X	X		10

Impactos Antrópicos nos Carbonatos da Região de Nova Olinda e Santana do Cariri – CE

<i>Dacnis cayana</i>	3	X	1	X			4
<i>Cyanerpes cyaneus</i>			X	X			
<i>Zonotrichia capensis</i>	X	X	X	X			
<i>Ammodramus humeralis</i>					X		
<i>Sicalis flaveola</i>	X			X			
<i>Volatinia jacarina</i>				X			
<i>Sporophila lineola</i>		X					
<i>Sporophila nigricollis</i>					X		
<i>Sporophila albogularis</i>		X					
<i>Sporophila leucoptera</i>				X			
<i>Arremon taciturnus</i>	X	2		2			4
<i>Coryphospingus pilleatus</i>	X	5	1	X			6
<i>Paroaria dominicana</i>	X	X	X	X	X		
<i>Passerina brissonii</i>		3		X			3
<i>Icterus cayanensis</i>		X					
<i>Icterus jamacaii</i>	X	X	X				
<i>Agelaius ruficapillus</i>				X			
<i>Sturnella militaris</i>				X			
<i>Molothrus bonariensis</i>				X			
<i>Carduelis yarellii</i>						X	
PASSERIDAE							
<i>Passer domesticus</i>				X	X		
TOTAL							384 (12)

MASTOFAUNA TERRESTRE

Ordem	Família	Nome científico	Nome vulgar	Categoria	Habitat	
Carnívora	Felidae	<i>Panthera onça</i>	Onça-pintada (variante= preta)	Vulnerável	1, 2, 3, 8.	
		<i>Felis concolor</i>	Suçarana (variantes = onça vermelha, do-lombo preto, bodeira, maçaroca)	Em perigo	1, 2, 3, 8.	
		<i>Felis yagouaroundi</i>	Gato mourisco, gato azul, gataçú	Vulnerável	1, 2, 3, 4, 11.	
		<i>Felis tigrina</i>	Gato-do-mato, lagartixeiro	Vulnerável	1, 3, 6, 7, 8.	
		<i>Felis wiedii</i>	Gato-maracajá, maracajá mirim	Vulnerável	1.	
		<i>Felis pardalis</i>	Maracajá-açu, gato-do-mato-grande	Em perigo	1, 5, 11.	
		Canidae	<i>Cerdocyon thous azarae</i>	Raposa, goró, mariano, güaspira	Estável	2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 13.
		Mustelidae	<i>Conepatus semistriatus</i>	Ticaca, gambá, gambalina, gambíra	Estável	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11.
			<i>Eira barbara barbara</i>	Papa-mel	Estável* ¹	1, 11.
			<i>Galictis vittata</i>	Furão	Estável	1
Proscionidae	<i>Procyon cancrivorus</i>	Guará, guará-de-cana, guaxiním, guaraxiním	Estável	1, 2, 3, 8, 11, 13.		
Artiodactyla	Cervidae	<i>Ozotoceros bezoarticus</i>	Veado-campeiro, veado-mateiro	Insuficientemente conhecida*	2, 3.	
		<i>Mazama gouazoubira superciliaris</i>	Veado-catingueiro, veado-capoeiro, veado-vermelho, veado-grande	Estável	1, 2, 3.	
		<i>Mazana gouazoubira namby</i>	Garapú, carapú, veado-roxo, veado-comum	Estável	1, 2, 3.	
Tayassuidae	<i>Tayassu tajacu</i>	Porco-do-mato, cateto, caititú	Extinção local	1.		
	Xenarthra	Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i>	Tamanduá-mirim	Estável	1, 8, 11.
Dasypodidae		<i>Tolypeutes trincinctus</i>	Tatu-bola	Extinção local	1, 2, 3, 4, 8.	
		<i>Euphactus sexcinctus</i>	Tatu-peba	Estável	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11.	
		<i>Dasyus novemcinctus</i>	Tatu-galinha, tatu-verdadeiro	Estável	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11.	
		<i>Cabassous unicinctus</i>	Tatu-china, tatu-rabo-de-couro	Estável	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11.	
Primates	Callitrichidae	<i>Callithrix jacchus</i>	Sagüi-do-Nordeste, sauí	Estável	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 15.	
Marsupialia	Didelphidae	<i>Didelphis albiventris</i>	Timbú, cassaco, saruê	Estável * ³	1 a 8, 11, 14, 15.	
		<i>Marmosa marmosa kariri</i>	Cuíca, catita	Estável * ³	1 a 4, 11, 15.	

		<i>Monodelphis d.domestica</i>	Catita, rato porco ou cachorro	Estável * ³	1 a 4, 11, 15.
Rodentia	Caviidae	<i>Kerodon rupestris</i>	Mocó	Estável * ²	5, 6, 7, 8.
		<i>Galea spixii</i>	Preá	Estável * ³	1 a 8, 11.
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta prymnolopha</i>	Cutia	Estável	1, 2.
	Muridae	<i>Mus musculus brevisrostris</i>	Camundongo, nova seita	Estável * ³	9, 13, 15.
		<i>Rattus norvegicus</i>	Ratazana, rato de esgoto	Estável	9, 13, 15.
		<i>Rattus rattus rattus</i>	Rato-de-casa preto, guabiru	Estável * ³	9, 13, 15.
		<i>Rattus r. alexandrinus</i>	Rato pardo, rato egípcio	Estável * ³	9, 13, 15.
		<i>Rattus r. frugivorus</i>	Rato de barriga branca	Estável * ³	9, 13, 15.
	Cricetidae	<i>Orizomys eliurus</i>	Rato-de-cana da cauda fina	Estável * ³	1 a 4, 6, 7, 8, 11.
		<i>Orizomys subflavus</i>	Rato-de-cana da cauda grossa	Estável * ³	1 a 4, 6, 7, 8, 11.
		<i>Weidomys pyrrhorinus</i>	Rato de palmatória ou de fava	Estável * ³	6 a 8, 13 a 15
		<i>Gracilinamus agilis</i>	Rato-pequeno-da-mata	Estável	1, 2, 3.
		<i>Calomys callosus</i>	Rato-de-seis-gramas, guajapi	Estável * ³	1, 2.
		<i>Nelomys sp.</i>	Rato-espinho	Estável	1, 2, 3, 4.
		<i>Rhipidomys sp.</i>	Rato-de-árvore	Estável	1, 2.
		<i>Bolomys lasiurus</i>	Pixuna, calunga, rato de capim	Estável	1 a 4, 6, 7, 8, 11.
	Echimyidae	<i>Trichomys apereoides</i>	Punaré, cabudo, rabudo	Estável * ³	1 a 4, 6, 7, 8, 11.

SERPENTES

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME POPULAR
Leptotyphlopidae	<i>Leptotyphlops cf. brasiliensis</i>	cobra-cega
Boidae	<i>Boa constrictor</i>	jibóia, cobra-de-viado
	<i>Epicrates cenchria</i>	salamanta
Colubridae	<i>Chironius sp.</i>	cobra-cipó
	<i>Drymoluber dichrous</i>	----
	<i>Clelia occipitolutea</i>	cobra-preta
	<i>Helicops leopardinus</i>	cobra-d'água
	<i>Leptophis ahaetulla</i>	cobra-cipó
	<i>Liophis joberti</i>	-----
	<i>Liophis lineatus</i>	jararaquinha
	<i>Liophis mossoroensis</i>	cobra-rainha, jararaquinha
	<i>Liophis poecilogyrus</i>	jararaquinha
	<i>Liophis reginae</i>	surucucu do brejo
	<i>Liophis viridis</i>	cobra-verde
	<i>Oxybelis aeneus</i>	bicuda, cobra-cipó
	<i>Oxyrhopus trigeminus</i>	coral (falsa-coral)
	<i>Philodryas nattereri</i>	cobra-cipó
	<i>Philodryas olfersii</i>	cobra-verde
	<i>Pseudoboa nigra</i>	cobra-preta
	<i>Sibynomorphus cf. mikanii</i>	-----
	<i>Spilotes pullatus</i>	caninana
	<i>Thamnodynastes strigilis</i>	cobra-cipó
	<i>Waglerophis merremii</i>	goipeva, boipeva
Família Elapidae	<i>Micrurus ibiboboca</i>	coral
Família Viperidae	<i>Bothrops atrox</i>	jararaca
	<i>Bothrops erythromelas</i>	jararaca
	<i>Crotalus durissus</i>	casavel
TOTAL: 05 Famílias	20 gêneros; 27 espécies	

LAGARTOS

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME POPULAR
Anguidae	<i>Diploglossus lessonae</i>	cobra-de-vidro
Gekkonidae	<i>Briba brasiliana</i>	briba
	<i>Coleodactylus meridionalis</i>	----
	<i>Gymnodactylus geckoides</i>	briba
	<i>Hemidactylus agrius</i>	briba, lagartixa-de-parede
	<i>Hemidactylus mabouia</i>	briba, lagartixa-de-parede
	<i>Phyllopezus pollicaris</i>	briba
Gymnophthalmidae	<i>Gymnophthalmus multiscutatus</i>	calango-colorido
	<i>Micrablepharus maximiliani</i>	calango-liso, calango-azul
Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	camaleão
Polychrotidae	<i>Anolis chrysolepis</i>	papa-vento
	<i>Enyalius catenatus</i>	papa-vento
	<i>Polychrus acutirostris</i>	papa-vento, calango-cego
Scincidae	<i>Mabuya arajara</i>	calango-liso
	<i>Mabuya heathi</i>	calango-liso
Teiidae	<i>Ameiva ameiva</i>	tijubina
	<i>Cnemidophorus ocellifer</i>	calango-verde, tijubina
	<i>Tupinambis teguixin</i>	tejo, teiu
Tropiduridae	<i>Tropidurus hispidus</i>	lagartixa, calango
	<i>Tropidurus semitaeniatus</i>	lagartixa-de-lajeiro
TOTAL: 08 Famílias	17 gêneros; 20 espécies	

ANFISBENÍDEOS

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME POPULAR
Amphisbaenidae	<i>Amphisbaena pretrei</i>	cobra-de-duas-cabeças
	<i>Amphisbaena vermicularis</i>	cobra-de-duas-cabeças
	<i>Leposternon polystegum</i>	cobra-de-duas-cabeças
TOTAL: 01 Família	02 gêneros; 03 espécies	

ANFÍBIOS

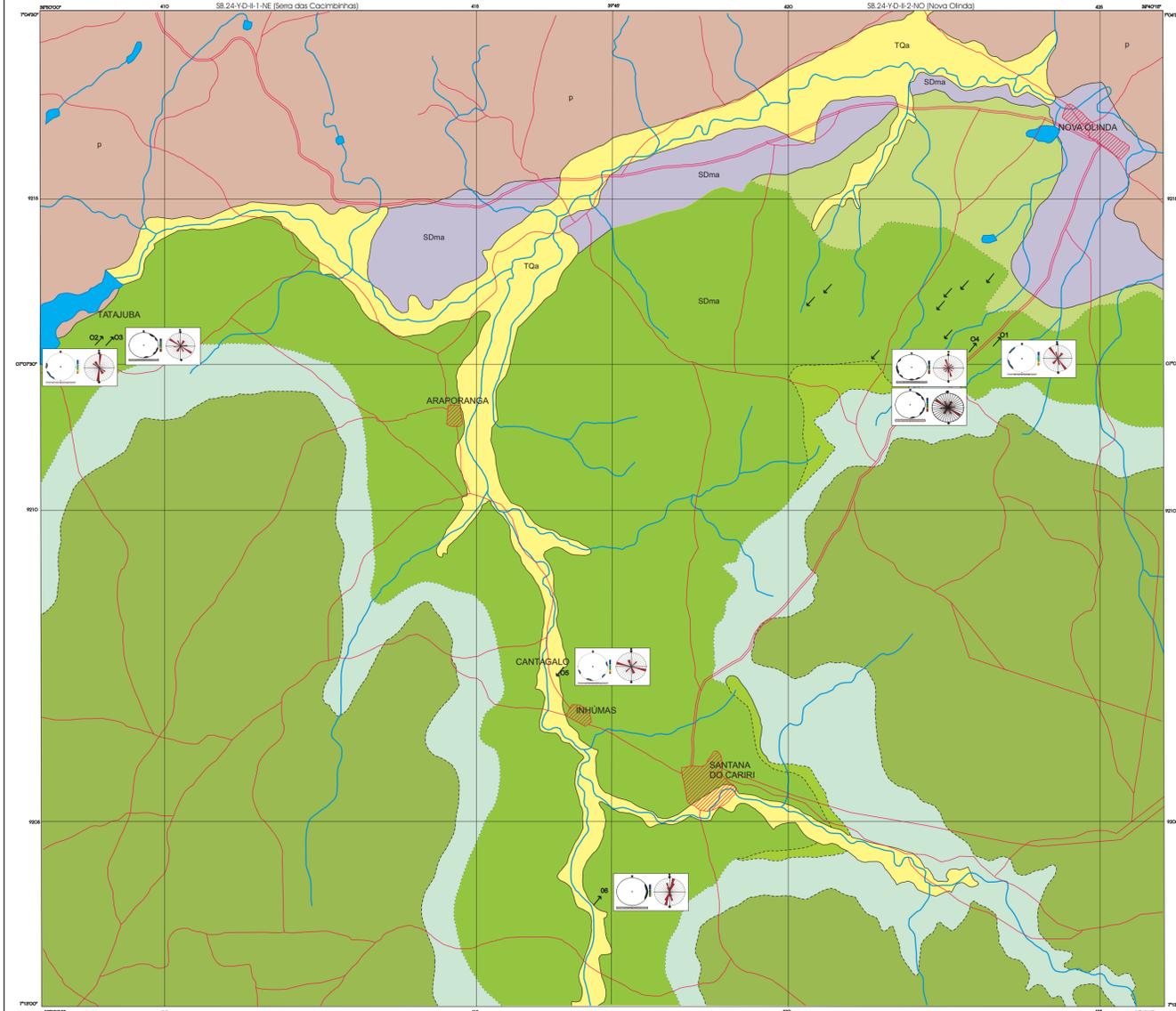
FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME POPULAR
Bufonidae	<i>Bufo granulosus</i>	sapo-cururu
	<i>Bufo paracnemis</i>	sapo-cururu
Hylidae	<i>Corythomantis greeningi</i>	rã-de-capacete
	<i>Hyla raniceps</i>	rã-de-bananeira
	<i>Phyllomedusa gr. hypocondrialis</i>	rã-verde
	<i>Scinax x-signata</i>	rãzinha

Leptodactylidae	<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	jia, rã-touro
	<i>Leptodactylus gr. ocellatus</i>	jia, rã-pimenta
	<i>Leptodactylus troglodytes</i>	jia,sapo
	<i>Physalaemus sp.</i>	sapinho
	<i>Physalaemus gr. cuvieri</i>	sapinho
	<i>Proceratophrys cristiceps</i>	sapo-boi
TOTAL: 03 Famílias	08 gêneros; 12 espécies	

Pequenos Mamíferos

ORDEM	ESPÉCIE	NOME POPULAR
Marsupialia	<i>Didelphis albiventris</i>	caçaco, timbu
	<i>Marmosa sp.</i>	catita
Rodentia	<i>Akodon sp.</i>	rato-do-mato
	<i>Bolomys lasiurus</i>	rato-do-mato
	<i>Oligoryzomys sp.</i>	rato-do-mato
TOTAL	05 gêneros; 05 espécies	

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS - CTG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA - PPGG



F A N E R O Z Ó I C O		M E S O Z Ó I C O		C R E T Á C E O		N E O C E N O M A N I O		J U R Á S S I C O		P R O T E R O Z Ó I C O	
EDN	ERA	PERÍODO	PERÍODO	PERÍODO	PERÍODO	PERÍODO	PERÍODO	PERÍODO	PERÍODO	PERÍODO	PERÍODO
		ANDAR	ANDAR	ANDAR	ANDAR	ANDAR	ANDAR	ANDAR	ANDAR	ANDAR	ANDAR
SUPERGRUPO		GRUPO		GRUPO		GRUPO		GRUPO		GRUPO	
		ZETA		POS-RIFTE		RIFTE		PRE-RIFTE		VALE DO CARIRI	
		Teco-Quaternário		Arajá e Estu		Romualdo		Brejo-Santo e Brejo-Velho		Bela	
		Formação		Formação		Formação		Formação		Formação	
		Seqüência		Seqüência		Seqüência		Seqüência		Seqüência	
		(UES)		(UES)		(UES)		(UES)		(UES)	
			TQa								
			SDma								
			Ks								
			Kr								
			Ki								
			Ksc								
			Kab								
			Jmv / Jbs								
			SDma								
			p								

CONVENÇÕES

- Contato definido
- - - Contato litológico
- Contato inferido
- ↗ Pedreira ativa
- ↘ Pedreira inativa
- Ponto observado
- ⊙ Diagramas de Roseta e de Polarização
- ~ Rios, riachos
- ⊕ Açude
- ⊞ Cidade, distrito
- Estrada asfaltada estadual
- Estrada carroçável
- Caminho

LEVANTAMENTO GEOLÓGICO
IMPACTOS ANTRÓPICOS NOS CARBONATOS DA REGIÃO
DE NOVA OLINDA E SANTANA DO CARIRI - CE
(TESE DE DOUTORADO)
 Mestrando ALVIMIR ALVES DE OLIVEIRA
 Orientador Prof. Dr. VIRGINIO HENRIQUE DE M. LOPES NEUMANN
 Prof. Dr. JÁDER ONOFRE DE MORAIS
 FORTALEZA - 1998
ESCALA 1:50.000

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)