



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IGEO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGG



**MINERAÇÃO, DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DESERTIFICAÇÃO NA
BACIA DO RIO ITACOATIARA, NOROESTE DO ESTADO DO CEARÁ**

FRANCISCO NATANIEL BATISTA DE ALBUQUERQUE

T
1106
A 345M

RIO DE JANEIRO – RJ

2008

FRANCISCO NATANIEL BATISTA DE ALBUQUERQUE

**MINERAÇÃO, DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DESERTIFICAÇÃO NA
BACIA DO RIO ITACOATIARA, NOROESTE DO ESTADO DO CEARÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

RIO DE JANEIRO – RJ

2008

FRANCISCO NATANIEL BATISTA DE ALBUQUERQUE

**MINERAÇÃO, DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DESERTIFICAÇÃO NA
BACIA DO RIO ITACOATIARA, NOROESTE DO ESTADO DO CEARÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

Aprovada em: 14/10/2008

Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra (*Orientador*)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG/IGEO)

Prof. Dra. Mônica dos Santos Marçal
Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG/IGEO)

Prof. Dr. Antônio Soares da Silva
Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPG/IGEO)

Dedico a subida de mais esse degrau da escada acadêmica aos meus pais, *Raimundo Natalier de Albuquerque (in memorian)* e *Antônia Batista de Albuquerque*, aos meus irmãos *Natasha* e *Natalier Júnior* e a minha esposa *Mariana Joyce*.

AGRADECIMENTOS

- Ao orientador *Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra*, pela amizade e compreensão durante o processo de orientação. Minhas desculpas pelos momentos de ausência;
- Ao *Prof. Dr. José Falcão Sobrinho*, da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, pelo apoio constante e confiança no meu trabalho, quem eu considero um grande mestre acadêmico, pelos inúmeros ensinamentos;
- Aos amigos *Erasmu Paiva, Antônio Pereira, Assis Moreno e Custódio Azevedo*, pelo enorme auxílio nos trabalhos de campo;
- Ao colega de mestrado, *Luís Lima* pela amizade;
- Aos colegas do Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação de Solos – Lagesolos da UFRJ.
- Aos professores, *Nelson Fernandes, Paulo César Gomes, Ana Luiza Coelho Netto, Maria Náise Peixoto, Jorge Xavier, Evaristo Castro, Mônica Marçal e Telma Mendes* pela recepção e ensinamento durante as aulas.

RESUMO

ALBUQUERQUE, Francisco Nataniel Batista de. **Mineração, Degradação Ambiental e Desertificação na Bacia do Rio Itacoatiara, Noroeste do Estado do Ceará**. Rio de Janeiro, 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

O presente trabalho procura de forma objetiva analisar a relação entre os processos de degradação ambiental e a extração e beneficiamento de calcário na bacia do rio Itacoatiara, com aproximadamente 133 km² enquadrada pela Fundação Cearense de Meteorologia – (Funceme) como área de grave problema de conservação e predisposta à desertificação na região noroeste do Estado do Ceará, a qual conta atualmente com 19 unidades de beneficiamento de calcário que induz as altas taxas de supressão vegetal e extração mineral na região, respectivamente a matriz energética e a matéria-prima da atividade. A metodologia da pesquisa baseia-se no Diagnóstico Físico-Conservacionista e nos indicadores naturais e sócio-econômicos de desertificação utilizando como recorte espacial a bacia hidrográfica. A referida bacia encontra-se na depressão Sertaneja em terrenos que variam de 90 a 900 m de altitude aproximadamente, edificadas sobre uma litologia cristalina, mas com grandes campos de calcário, além de solos rasos e pedregosos e com precipitações variando entre 500 e 1.100 mm anuais caracterizando-se assim um ambiente semi-árido o qual tem como tripé de elementos da paisagem o calcário (matéria-prima), a caieira (unidade de beneficiamento) e a cal (principal produto). A degradação ambiental maior fica a cargo da supressão da vegetação de Caatinga da ordem de 24.000 m³ e da extração manual de calcário da ordem de 34.500 m³ ao ano, fora a utilização para outros fins, resultando em grandes áreas desmatadas e degradadas pela mineração. Além desses fatores a bacia hidrográfica do rio Itacoatiara apresenta sinais evidentes de esgotamento dos recursos naturais e declínio da qualidade de vida da população, como a insalubridade da atividade levando ao grande êxodo rural principalmente para o Sudeste e Centro-Oeste do país; a desativação de várias unidades pelo alto custo de produção da cal pelo baixo valor agregado ao produto e distância cada vez maior das áreas fonte de madeira e calcário; além dos níveis alarmantes de supressão vegetal, seja para alimentar as unidades de beneficiamento de calcário ou os fogões caseiros de uma população que em pleno século XXI apresenta índices baixíssimos de escolaridade e carências básicas como acesso à saúde e educação de qualidade.

Palavras-chave: Mineração; Degradação Ambiental; Desertificação.

ABSTRACT

ALBUQUERQUE, Francisco Nataniel Batista de. **Mineração, Degradação Ambiental e Desertificação na Bacia do Rio Itacoatiara, Noroeste do Estado do Ceará**. Rio de Janeiro, 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

This paper aims at an objective review of the relationship between the processes of environmental degradation and extraction and improvement of limestone in the river basin Itacoatiara, with approximately 133 km² framed by Fundação Cearense de Meteorologia (Funceme) as an area of serious concern for the conservation and predisposed to desertification in northwestern state of Ceara, which currently has 19 units of beneficiation of limestone that induces the high rates of removal plant and mining in the region, respectively the energy matrix and the raw material of activity. The research methodology is based on diagnosis of fisico-conservation and indicators natural and socio-economics of desertification using the space as cut basin. The basin is in depression Sertaneja in land that range from 90 to approximately 900 m in altitude, built on a crystalline lithology, but with large fields of limestone, and rasos and stony soil and with rainfall ranging between 500 and 1,100 mm Annual characterizing itself as a semi-arid environment which has the tripod of elements of the landscape lime (raw material), the lime burner (unit of improvement) and lime (main product). Environmental degradation is greatest over the removal of vegetation Caatinga in the order of more than 24,000 m³ and manual extraction of limestone in the order of almost 34,500 m³ per year, outside the use for other purposes, resulting in large areas deforested and degraded by mining. In addition to these factors the basin of the river Itacoatiara shows signs of depletion of natural resources and declining quality of life of the population, as the unhealthiness of activity leading to large rural exodus mainly to the southeast and center-west of the country, turning off several units by the high cost of production of lime by the low value added products and increasing distance from source areas of wood and limestone, besides the alarming levels of vegetation removal, either to feed the units to benefit from limestone or cookers for home a population that in the twenty-first century presents very low rates of schooling and access to basic needs like health and education of quality.

Key-words: Mining; Environmental Degradation; Desertification.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Localização geográfica da bacia do rio Itacoatiara no Estado do Ceará	18
Figura 02. O “miolão” das secas no Semi-Árido Brasileiro	37
Figura 03. Limite norte do Semi-Árido Brasileiro no Estado do Ceará. Em destaque, a área da bacia do rio Itacoatiara e entorno próximo	38
Figura 04. Áreas com graves problemas de conservação e predispostas à desertificação no Estado do Ceará. O local assinalado indica a área em estudo e o entorno próximo	43
Figura 05. Setorização da bacia do rio Itacoatiara	52
Figura 06. Esquema do experimento para monitoramento da interceptação vegetal e precipitação interna	56
Figura 07. Mapa metalogenético previsionar regional. A área em destaque corresponde aproximadamente à bacia do rio Itacoatiara	60
Figura 08. Bloco-diagrama da região em estudo, evidenciando as macro-unidades geomorfológicas	63
Figura 09. Mapa hipsométrico da bacia do rio Itacoatiara	65
Figura 10. Perfil topográfico WSW-ENE do baixo curso do rio Itacoatiara evidenciando a calha fluvial do rio Itacoatiara entre o morro das Rolas (A) e a serra da Meruoca (B)	66
Figura 11. Vista da depressão Sertaneja do baixo curso do rio Itacoatiara a partir da serra da Meruoca-Rosário. Ao fundo, o morro das Rolas (seta amarela) e no centro, uma das inúmeras suítes magmáticas (seta vermelha)	67
Figura 12. Mapa de precipitação pluviométrica da bacia do rio Itacoatiara – 2003 a 2008	75
Figura 13. Índice de aridez médio do Estado do Ceará (1975-2002). Em destaque a área da bacia do rio Itacoatiara na região noroeste	76
Figura 14. Mapa de classes de solo da bacia do rio Itacoatiara	78
Figura 15. Desmatamento total de encosta da serra da Meruoca-Rosário para o aproveitamento da madeira e posterior cultivo de milho	87
Figura 16. Vista geral de uma caieira rudimentar construída com blocos de rocha e madeira retorcida amarrada com cabos de aço	88

Figura 17.	Vista geral do único forno de cal existente na bacia	88
Figura 18.	Mapa de distribuição espacial das unidades de beneficiamento de calcário na bacia do rio Itacoatiara	89
Figura 19.	Carnaubal explorado no período de estiagem	90
Figura 20.	Presença de “altos pelados” na paisagem sertaneja da bacia, na localidade de Pau D’Arco, produzindo solos muito rasos e pouco intemperizados	96
Figura 21.	Aspecto geral da Caatinga Arbustiva da área de monitoramento da interceptação vegetal na bacia do rio Itacoatiara	98
Figura 22.	O problema do Semi-Árido Brasileiro não é a seca, e sim a cerca	103
Figura 23.	Estoque de lenha no pátio de uma caieira na localidade de Pedra de Fogo	105
Figura 24.	Cavidades feita no solo para produção de carvão vegetal na localidade de Pau D’Arco	108
Figura 25.	Forno de carvão de maior capacidade de queima na localidade de Pedra de Fogo	108
Figura 26.	Cercas que utilizam um grande número de madeira, acarretando a supressão da vegetação nativa e a constante reposição da mesma	111
Figura 27.	Utilização do tronco da carnaúba na construção civil. (antiga área de carnaubal)	112
Figura 28.	Desmatamento para retirada de madeira e posterior plantio de milho e feijão	115
Figura 29.	A pecuária extensiva, o desmatamento da mata ciliar e os currais construídos às margens do rio	118
Figura 30.	Área degradada pela extração de calcário na localidade dos Martins (Coreaú)	119
Figura 31	Estoque de calcário no pátio de uma caieira da localidade de Ponta da Serra	120
Figura 32.	Mina tecnificada de extração de mármore na localidade de Pedra de Fogo	122
Figura 33.	Mina de calcário do grupo Votorantim, chegando a medir quase 2 km ²	122
Figura 34.	Lançamento de dióxido de carbono e partículas de calcário na atmosfera .	124
Figura 35.	Ausência de equipamentos individuais de proteção dos caieiristas	125

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 01. Determinação das classes do índice de aridez climática	36
Tabela 02. Etapas de um empreendimento minerário	45
Tabela 03. Diferenças e critério de setorização da bacia do rio Itacoatiara	51
Tabela 04. Relação dos postos pluviométricos da bacia e entorno por município	54
Tabela 05. Classificação das rochas calcárias	62
Tabela 06. Classes de solo da bacia do rio Itacoatiara	77
Tabela 07. Fragmentos de vegetação de Mata Atlântica e Ecossistemas Associados no Estado do Ceará	81
Tabela 08. Comparação dos níveis de interceptação vegetal em Caatinga Arbustiva e Arbórea na bacia do rio Itacoatiara no mês de janeiro/2008	98
Tabela 09. Precipitação por classe, precipitação interna e interceptação em floresta secundária em floresta secundária de Guarapuava – PR	99
Tabela 10. Percentual do número e área dos imóveis rurais de Coreaú (CE)	102
Tabela 11. Espécies vegetais encontradas nos pátios das caieiras	106

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 01. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 2003	69
Gráfico 02. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 2004	69
Gráfico 03. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 2005	70
Gráfico 04. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 2006	70
Gráfico 05. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 2007	71
Gráfico 06. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 1º semestre/2008	71
Gráfico 07. Média pluviométrica dos últimos cinco anos (2003-2007) na bacia do rio Itacoatiara, evidenciando abaixo de 800 mm a faixa de semi-aridez ..	72

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ASA –	Articulação do Semi-Árido
CaCO ₃ –	Carbonato de Cálcio
CaO –	Óxido de Cálcio (cal)
Centec –	Centro de Ensino Tecnológico do Estado do Ceará
CO ₂ –	Dióxido de Carbono
Cogerh –	Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará
Cidiat –	Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (Venezuela)
CCCP –	Companhia Cearense de Cimento Portland
DFC –	Diagnóstico Físico-Conservacionista
DNOCS –	Departamento Nacional de Obras Contra a Seca
DNPM –	Departamento Nacional de Produção Mineral
Embrapa –	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETP –	Evapotranspiração
FAO –	<i>Food and Agriculture Organization</i>
Funceme –	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GLP –	Gás Liquefeito de Petróleo
IA –	Índice de Aridez
IBGE –	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ibama –	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
Ipece –	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
Iplance –	Instituto de Planejamento do Ceará (atual Ipece)
MARNR –	Ministério do Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Venezuela)
MIN –	Ministério da Integração Nacional
MMA –	Ministério do Meio Ambiente
MME –	Ministério das Minas e Energia
ONU –	Organização das Nações Unidas
P –	Precipitação
Pan –	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca

PNUCD –	Plano das Nações Unidas para Combate à Desertificação
Radam –	Radarm na Amazônia
SBCS –	Sociedade Brasileira de Classificação dos Solos
Semace –	Superintendência do Meio Ambiente do Estado do Ceará
SNE –	Sociedade Nordestina de Ecologia
SRH –	Secretaria de Recursos Hídricos
Sudene –	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UBC –	Unidade de Beneficiamento de Calcário
UFC –	UFC – Universidade Federal do Ceará
UVA –	Universidade Estadual Vale do Acaraú
UNEP –	<i>United Nations Environment Programme</i>
ZCIT –	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

Resumo	v
<i>Abstract</i>	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	lx
Lista de Gráficos	X
Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos	Xi
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	22
2.1. OBJETIVO GERAL	22
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DESERTIFICAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO	23
3.1. DESERTIFICAÇÃO: HISTÓRICO E CONCEITUAÇÃO	25
3.2. FATORES NATURAIS E ANTRÓPICOS CAUSADORES DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO	28
3.3. CONSEQÜÊNCIAS AMBIENTAIS E SÓCIO-ECONÔMICAS DA DESERTIFICAÇÃO	33
3.4. A SECA E A SEMI-ARIDEZ CLIMÁTICA: O CASO DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO	35

3.4.1.	Núcleo de Cabrobó (PE)	39
3.4.2.	Núcleo de Seridó (RN/PB)	40
3.4.3.	Núcleo de Gilbués (PI)	40
3.4.4.	Núcleo de Irauçuba (CE)	41
3.5.	MINERAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	44
4.	METODOLOGIA	49
4.1.	DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA	50
4.2.	INFORMAÇÃO CARTOGRÁFICA E IMAGEM ORBITAL	53
4.3.	INFORMAÇÕES DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA	54
4.4.	MONITORAMENTO DA INTERCEPTAÇÃO VEGETAL E PRECIPITAÇÃO INTERNA NA CAATINGA	55
4.5.	TRABALHO DE CAMPO	57
5.	DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO E DOS ASPECTOS HISTÓRICOS E SÓCIO-ECONÔMICOS DA BACIA DO RIO ITACOATIARA	59
5.1.	ASPECTOS FÍSICO-NATURAIS	59
5.1.2.	Arcabouço geológico	59
5.1.3.	Geomorfologia	62
5.1.4.	Características climáticas	68
5.1.5.	Classes de solos	77
5.1.6.	Unidades fitoecológicas	80
5.2.	HISTÓRICO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO RIO ITACOATIARA	82

6.	CAUSAS E CONSEQÜÊNCIAS DO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL/DESERTIFICAÇÃO NA BACIA DO RIO ITACOATIARA	94
6.1.	CAUSAS FÍSICO-NATURAIS DA DESERTIFICAÇÃO	94
6.1.1.	Características morfoclimáticas	94
6.1.2.	Características pedológicas e o arcabouço geológico	95
6.1.3.	A desconstrução de alguns mitos do bioma Caatinga	96
6.2.	CAUSAS ANTRÓPICAS DA DESERTIFICAÇÃO	101
6.2.1.	Sistema de ocupação da terra e estrutura fundiária	101
6.2.2.	Exploração dos recursos vegetais	103
6.2.2.1.	Extração de lenha para combustão das unidades de beneficiamento de calcário e outras (carvoarias, olarias, padarias)	103
6.2.2.2.	Produção de carvão vegetal para subsistência e comercialização	106
6.2.2.3.	Fornecimento de madeira para usos diversos	109
6.2.3.	Impactos da agricultura de sequeiro	113
6.2.4.	Impactos da pecuária extensiva	116
6.2.5.	Extração mineral e formação de áreas degradadas	118
6.2.6.	Poluição atmosférica: dióxido de carbono e material particulado de calcário	123
6.2.7.	Insalubridade dos processos de extração e beneficiamento do calcário	124
6.2.8.	Estagnação econômica, desemprego e êxodo rural	127
7.	CONCLUSÕES	128
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132

1. INTRODUÇÃO

A economia da maior parte do Semi-Árido Brasileiro está pautada no setor primário, estando fortemente sustentada na exploração dos recursos naturais de origem vegetal e mineral, principalmente no que se refere ao extrativismo da cobertura vegetal, no superpastejo de áreas nativas com uma pecuária extensiva e na exploração agrícola sem qualquer tipo de preocupação conservacionista (FERREIRA *et al.*, 1994), além de uma cultura de combate à ocorrência de escassas e irregulares precipitações pluviométricas e não de convívio com tal fenômeno climático.

Essa prática predatória tem levado ao aparecimento na região de muitas áreas com sérios problemas de conservação dos recursos naturais, algumas delas irreversíveis a curto e médio prazo, sendo caracterizados como áreas ou núcleos de desertificação. Essas áreas são, ao mesmo tempo, reflexo e condicionante do processo de degradação humana dos sertanejos, pela falta de uma política eficiente para enfrentamento dos problemas regionais que são além de naturais, sócio-políticos e econômicos (DANTAS *et al.*, 2006).

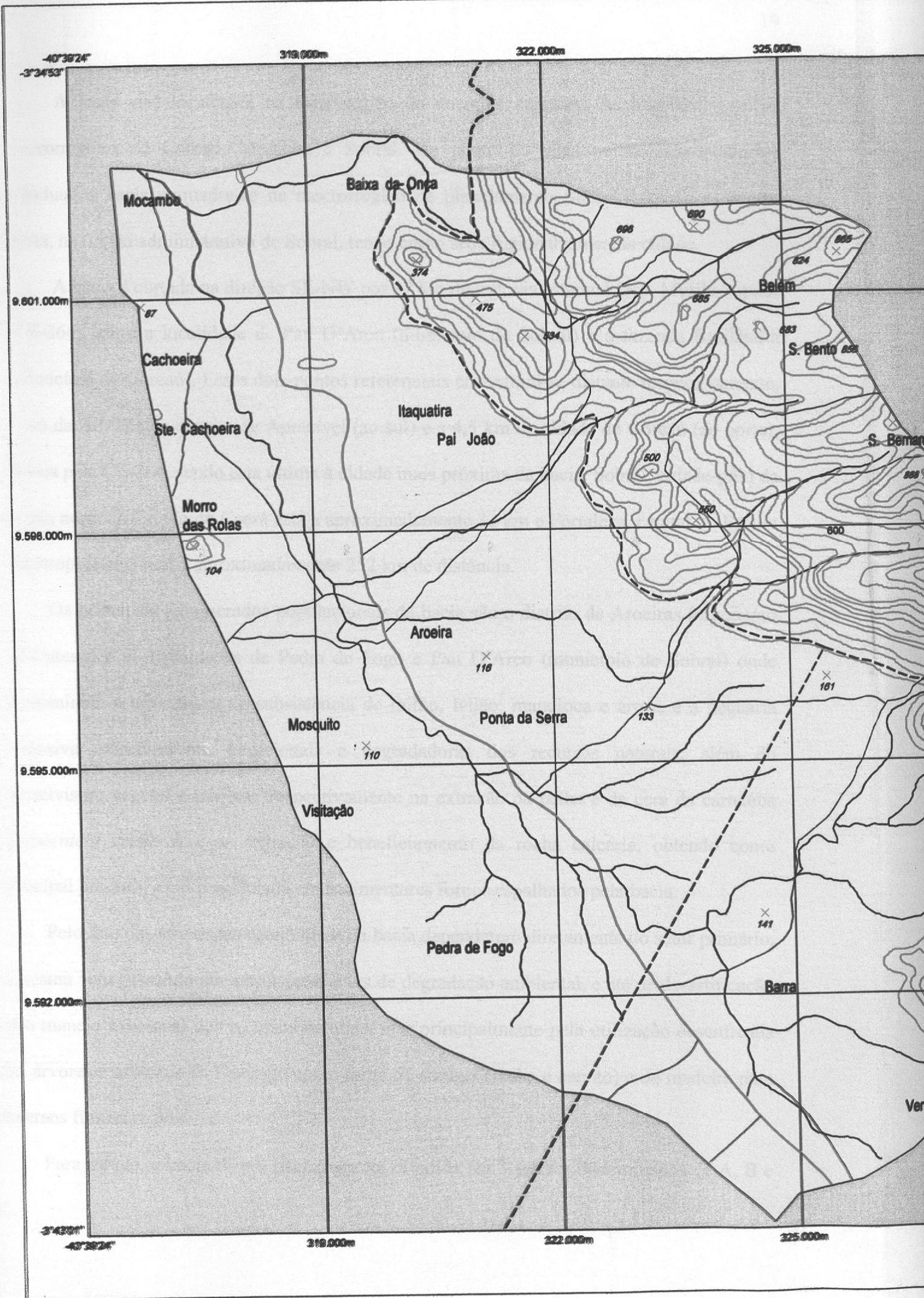
No Semi-Árido Brasileiro quatro núcleos de desertificação são reconhecidos pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA (1993): Gilbués (Piauí), Irauçuba (Ceará), Seridó (Rio Grande do Norte) e Cabrobó (Pernambuco) por serem considerados os de maiores dimensões territoriais e de situação mais grave, acabam por serem os mais estudados pela comunidade científica. Entretanto, outras áreas estão passando pelo mesmo problema, muitas vezes tão grave quanto, mas pelo fato de não estarem na pauta das grandes pesquisas acadêmicas acabam esquecidas. Esse é o caso do núcleo de desertificação do Médio Coreau, na porção noroeste do Estado do Ceará.

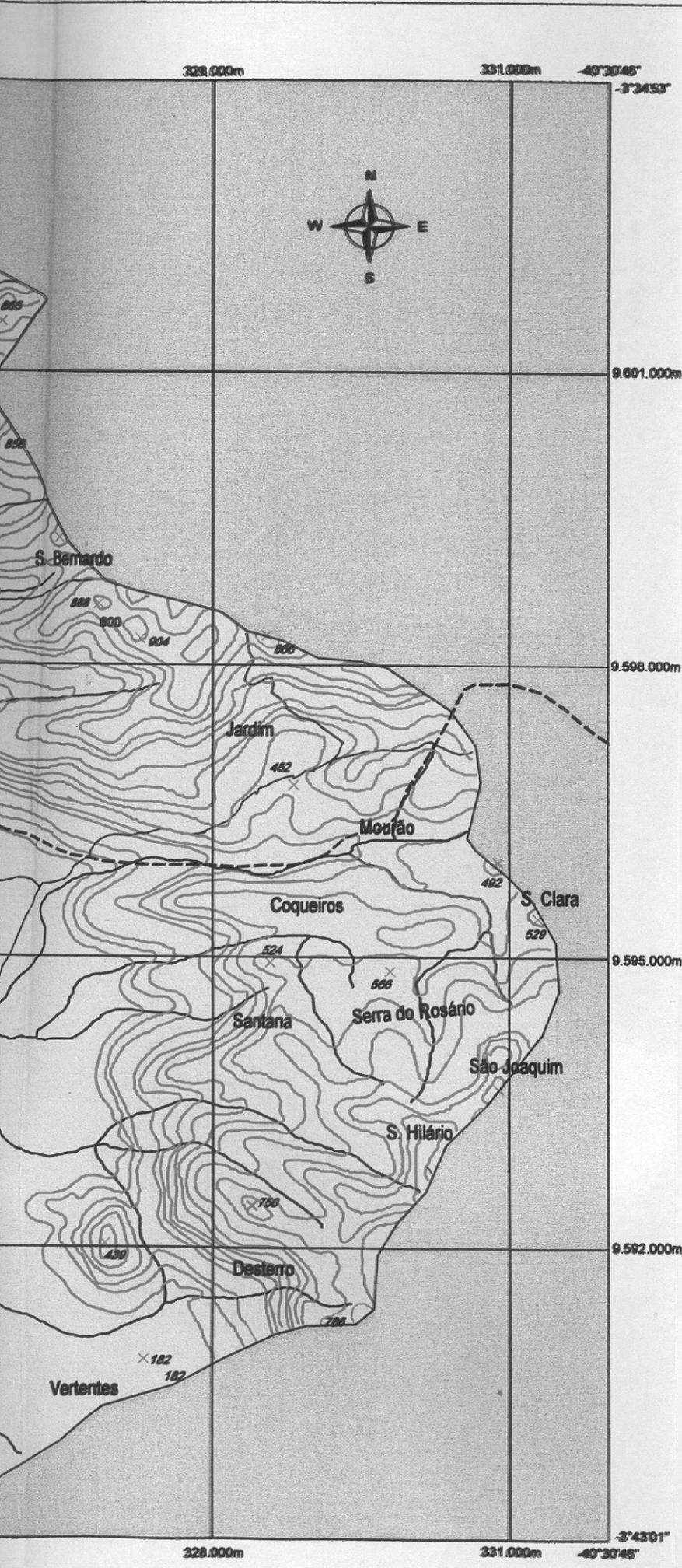
O médio curso da bacia do rio Coreaú, área onde se encontra a sub-bacia do rio Itacoatiara concentra grandes campos de calcário e uma infinidade de unidades rudimentares de beneficiamento de calcário denominadas localmente de *caieiras* e *fornos de cal* que sustentam a economia da região, além da mina de calcário da fábrica do cimento Poty, do grupo Votorantim, localizada na cidade de Sobral. A atividade minerária tem como matriz energética a lenha, levando as altas taxas de supressão da cobertura vegetal na região.

Dentro desse contexto regional, a bacia do rio Itacoatiara apresenta alguns aspectos importantes como:

- a localização de parte do maior campo calcário da região, o campo Aroeiras;
- a concentração de 19 unidades rudimentares de beneficiamento de calcário;
- o registro de precipitações pluviométricas mais reduzidas na bacia do rio Coreaú;
- o enquadramento entre as principais áreas em processo de desertificação no Estado do Ceará segundo a Funceme (1993).

A bacia hidrográfica do rio Itacoatiara é uma sub-bacia do rio Coreaú, uma das onze regiões hidrográficas do Estado do Ceará, situada na região noroeste, mais exatamente na porção leste da folha Frecheirinha (IPECE, 2008). A bacia abrange parte dos municípios de Alcântaras, Coreaú e Sobral perfazendo uma área total de aproximadamente 133 km² compreendida entre as coordenadas geográficas de 03° 34' 53" e 03° 43' 01" de latitude Sul e 40°30'36" e 40°39'24" de longitude Oeste (figura 01). A bacia do rio Itacoatiara corresponde a 3% da área total da bacia do rio Coreaú que possui 4.446 km² (COGERH, 2008).





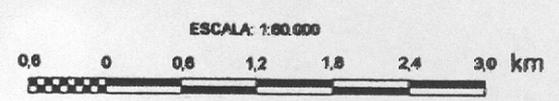
AUTOR: Francisco Nataníel Batista de Albuquerque
 ORIENTADOR: Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

**MINERAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL/DESERTIFICAÇÃO
 NA BACIA DO RIO ITACOATIARA NOROESTE DO ESTADO DO CEARÁ**

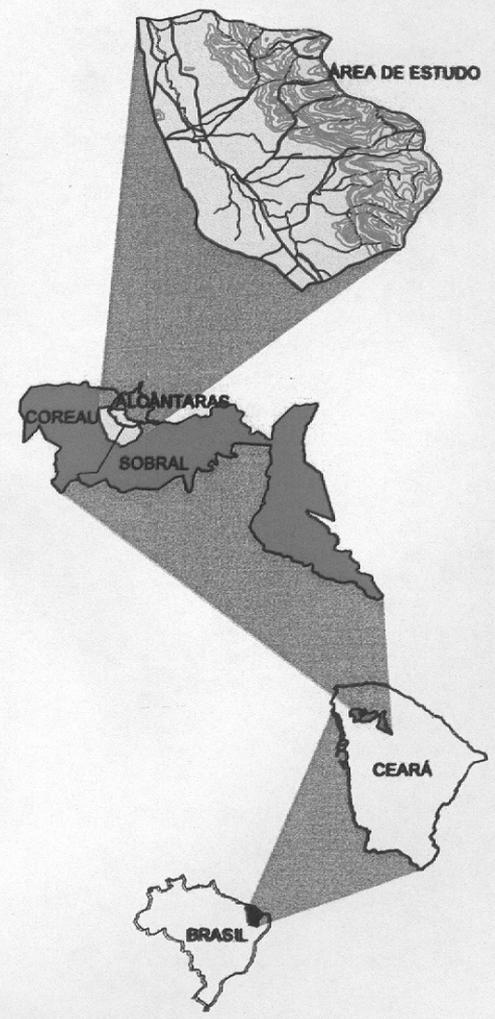
**Figura 01.
 BASE CARTOGRÁFICA**

SÍMBOLOS CONVENCIONAIS

- Rio
- Lago
- Açude
- Curvas de Nível
- Estradas



LOCALIZAÇÃO:



SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSOR DE MERCATOR
 DATUM: SAD - 69 / FUSO - 24 / MC - 38° WGR
 FONTE: Imagem de Satélite (Landsat/2002) / Escala: 1:250.000
 SUDENE - 2001 / Escala: 1: 100.000

Organização: Francisco Nataníel Batista de Albuquerque
 Digitalização: Ana Maria Ferreira e Bárbara K. S. Lima

A bacia está localizada na mesorregião do noroeste cearense, na interface entre as microrregiões de Coreaú, Meruoca e Sobral. Do ponto de vista político-administrativo estadual, a bacia enquadra-se na macrorregião de planejamento Sobral/Ibiapaba e, dentro desta, na região administrativa de Sobral, tendo como sede regional a mesma cidade.

A bacia é cortada na direção SE-NW por 17 km da rodovia estadual Dep. Murilo Aguiar (CE-364), entre a localidade de Pau D'Arco (município de Sobral) e a fazenda Rutilândia (município de Coreaú). Esses dois pontos referenciais encontram-se distante respectivamente, 5 km da BR-222 no distrito de Aprazível (ao sul) e a 4,5 km da cidade de Coreaú (ao norte), ambos pela CE-364, sendo esta última à cidade mais próxima da bacia. Sobral, cidade-pólo da região norte do Estado do Ceará está a aproximadamente 32 km e Fortaleza, capital do Estado e metrópole-regional a aproximadamente 252 km de distância.

Os principais aglomerados populacionais da bacia são o distrito de Aroeiras (município de Coreaú) e as localidades de Pedra de Fogo e Pau D'Arco (município de Sobral) onde predominam a agricultura de subsistência de milho, feijão, mandioca e arroz, e a pecuária extensiva extremamente tradicionais e degradadoras dos recursos naturais, além do extrativismo vegetal e mineral, respectivamente na extração da palha e da cera da carnaúba (*Copernicia cerífera*) e na extração e beneficiamento da rocha calcária, obtendo como principal produto, a cal beneficiada em rudimentares fornos espalhados pela bacia.

Pelo fato das atividades econômicas da bacia dependerem diretamente do setor primário, a mesma vem passando por sérios problemas de degradação ambiental, e até de desertificação pelo manejo irracional dos recursos naturais, mas principalmente pela utilização desenfreada das árvores e arbustos da Caatinga como fonte de energia (lenha e carvão) e de madeira para diversos fins na região.

Para estudo, a bacia do rio Itacoatiara foi dividida em 3 setores denominados de A, B e C.

O setor A corresponde à parte mais alta da bacia, a porção leste, que correspondente às encostas da serra da Meruoca-Rosário onde se concentram os terrenos de 200 metros até 900m de altitude e as maiores declividades, perfazendo uma área de 41% da bacia. Todo o território do município de Alcântaras inserido na bacia encontra-se nesse setor.

O setor B corresponde os terrenos compreendidos entre 80 e 200 metros de altitude onde se encontram os pedimentos da serra da Meruoca-Rosário em direção ao fundo do vale. Nesse setor localiza-se o distrito de Aroeiras (município de Coreaú) e as localidades de Ponta da Serra, Pedra de Fogo e Pau D'Arco (município de Sobral) sendo, portanto, o maior em termos populacionais e territoriais, correspondendo a 55% da área total.

O setor C, por sua vez, corresponde às áreas mais rebaixadas, planas e inundáveis da bacia, desde a suíte magmática da Cachoeira até a foz do rio Itacoatiara. Predominam os terrenos abaixo de 80 metros de altitude. Nesse setor localiza-se as localidades de Cachoeira e Vila Basílio (Coreaú), perfazendo uma área total de apenas 4% da bacia.

Para alcançar os objetivos aos quais nos propomos a dissertação foi desenvolvida em quatro capítulos.

O capítulo I corresponde à introdução da dissertação.

O capítulo II faz uma discussão do referencial teórico da pesquisa, pautado nos conceitos de degradação ambiental, desertificação e semi-aridez.

O capítulo III apresenta o método e os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.

O capítulo IV faz um levantamento das características físico-naturais e do histórico do processo de ocupação da bacia, além das atividades econômicas mais importantes.

O capítulo V apresenta o estágio de degradação ambiental da bacia a partir de alguns indicadores do processo de desertificação, além de apresentar o diagnóstico físico-conservacionista.

Os capítulos VI e VII correspondem respectivamente às conclusões e as referências bibliográficas da dissertação.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Analisar a degradação ambiental/desertificação da bacia do rio Itacoatiara, principalmente, em decorrência da atividade de mineração do calcário, utilizando como metodologia o diagnóstico físico-conservacionista e indicadores de desertificação;

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discutir o processo de desertificação na bacia do rio Itacoatiara a partir de indicadores físico-naturais e sócio-econômicos;
- Estimar o índice de degradação ambiental da bacia, principalmente, em consequência da extração de lenha e calcário;
- Aplicar o diagnóstico físico-conservacionista na bacia do rio Itacoatiara;

3. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DESERTIFICAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

A degradação ambiental ocorre em toda parte do planeta com intensidades diferentes, dependendo das técnicas utilizadas pela sociedade para exploração dos recursos naturais e da preocupação local com a conservação desses recursos (CUNHA & COELHO, 2005). Essa ação tem gerado uma série de danos aos ambientes naturais, como aumento das temperaturas por conta da emissão de gases do efeito estufa, erosão dos solos agrícolas, contaminação dos corpos hídricos por efluentes industriais, danos esses que tem atingido diretamente aos seres humanos, principalmente na elevação do preço de vários produtos agrícolas e na queda da qualidade de vida.

A palavra *degradação* pode ser entendida como o conjunto de “processos resultantes de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais” (FAO, 1980).

Entre as formas de degradação ambiental, está a degradação das terras. Entende-se por *terra* uma área delineável da superfície sólida da Terra, cujas características incluem todos os atributos da biosfera, verticalmente acima ou abaixo dessa superfície, incluindo os elementos naturais, o modelo de assentamento humano e os resultados físicos da atividade humana (ARAÚJO *et al.*, 2005).

A degradação das terras é um problema de escala mundial, mas nas regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas do globo, este processo assume algumas especificidades, as quais são resultantes de fatores de ordem natural, como as irregularidades e limitações pluviométricas e de atividades humanas, como o desmatamento e a mineração, caracterizando o fenômeno chamado *desertificação*.

A desertificação é um processo de degradação extremamente complexo por envolver diversos fatores, de origens e magnitudes diferentes e que faz parte da realidade do Brasil, pois, quase 16% do território brasileiro e 32 milhões de pessoas estão situados numa região de semi-aridez climática (ARTICULAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO, 2008). O Semi-Árido Brasileiro se estende por uma área que abrange a maior parte dos Estados da Região Nordeste (86,48%), a região setentrional do Estado de Minas Gerais (11,01%) e o norte do Espírito Santo (2,51%), ocupando uma área total de 970.000 Km².

Diversos são os fatores que contribuem para o processo de desertificação no Semi-Árido Brasileiro como desmatamento, queimada, erosão, salinização e mineração (LEMOS, 1997), sendo este último, o fator causador de maior significância na área em estudo da presente pesquisa, além de ser uma atividade humana que desecandea a realização de diversas outras práticas como o desmatamento intensivo.

Parte dessa contribuição da mineração ao processo de desertificação no Semi-Árido Brasileiro, se deve ao fato da estrutura geológica da região ser bastante antiga, do Pré-Cambriano (SOUZA, 1988), levando à existência de afloramentos de rocha de considerável valor econômico, como granito e o calcário, sendo este último mais recente. Em muitos casos, a situação se agrava quando o processo de beneficiamento da rocha, como é o caso do calcário da área em estudo, utiliza como matriz energética a lenha suprimindo a cobertura vegetal do bioma Caatinga.

A extração e beneficiamento de minérios, quando não conduzidos dentro de padrões técnicos e ambientais corretos, geram vários ônus para a sociedade, como por exemplo, áreas degradadas que, na maioria das vezes, não podem ser mais ocupadas racionalmente contribuindo assim para o processo de desertificação (KOPEZINSKI, 2000).

Por conta dessas conseqüências ambientais desastrosas, se torna necessário à discussão de uma nova relação entre sociedade e natureza, pautada em planos sustentáveis de manejo

dos recursos naturais e de uma maior harmonia entre interesses econômicos e sociais, ou seja, um outro modelo de desenvolvimento econômico se faz necessário (VIOLA, 1987). Nos dizeres de Sachs (2000), uma nova forma de civilização, fundamentada no aproveitamento sustentável dos recursos renováveis, não é apenas possível, mas essencial.

3.1. DESERTIFICAÇÃO: HISTÓRICO E CONCEITUAÇÃO

O termo desertificação surgiu em 1949 utilizado pelo francês Aubreville para caracterizar a degradação na África Tropical e Subtropical, por ocasião da expansão acelerada do deserto do Saara. No Brasil, os primeiros estudos sobre desertificação na região semi-árida foram realizados por Vasconcelos Sobrinho (1974) que na década de 70 já chamava atenção para a formação de desertos atípicos, pois não apresentavam condições pluviométricas e pedológicas típicas dos desertos africanos e asiáticos, mas que possuíam a mesma inabilidade ecológica dos mesmos, exigindo um imenso esforço de adaptação e sobrevivência dos animais e vegetais.

Com o passar dos tempos, o conceito foi evoluindo e moldado para explicar questões ambientais que tem ocorrido no mundo contemporâneo decorrente principalmente do atual modelo de produção, que privilegiou o crescimento econômico em detrimento do uso racional dos recursos naturais, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas do globo.

O primeiro evento mundial a discutir as causas e os efeitos da desertificação foi a Conferência das Nações Unidas para o Combate a Desertificação (PNUCD), realizada em agosto de 1977, na cidade de Nairóbi, Quênia, quando foi criado o Plano de Ação de Combate à Desertificação (PACD) que visava desenvolver ações em âmbito mundial com a adesão voluntária dos países.

Neste encontro, a desertificação foi definida como a diminuição ou a destruição do potencial biológico da terra, o qual desemboca em definitivo em condições do tipo desértico. A desertificação é um aspecto de deterioração generalizada dos ecossistemas sob as pressões combinadas de um clima adverso e flutuante e de uma exploração excessiva (UNEP, 1992).

A discussão conceitual sobre desertificação evoluiu durante os anos 80 e se consolidou no documento discutido e aprovado durante a Conferência do Rio em 1992, a Agenda 21. A Agenda 21, em seu capítulo 12, intitulado *Luta contra a Desertificação e os Efeitos da Seca* definiu a desertificação como sendo "a degradação da terra nas regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas", sendo que, por "degradação da terra" se entende a degradação dos solos, dos recursos hídricos, da vegetação e a redução da qualidade de vida das populações afetadas.

O termo *degradação da terra*, por sua vez, é definido pela FAO (1980) como a "deterioração ou perda da capacidade dos solos para uso presente e futuro". A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação – CCD define da seguinte forma:

redução ou perda, nas zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, da produtividade biológica ou econômica e da complexidade das terras agrícolas de sequeiro, das terras agrícolas irrigadas, das pastagens naturais, das pastagens semeadas, das florestas e das matas nativas devido aos sistemas de utilização da terra ou a um processo ou combinação de processos, incluindo os que resultam da atividade do homem e das suas formas de ocupação do território, tais como:

- I. a erosão do solo causada pelo vento e/ou pela água;
- II. a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo;
- III. a destruição da vegetação por períodos prolongados.

Ainda durante a Rio-92, vários países com problemas de desertificação propuseram à Assembléia Geral que aprovasse a negociação de uma Convenção Internacional sobre o tema. A Assembléia Geral aprovou a negociação da Convenção, que foi realizada a partir de janeiro de 1993 e finalizada em 17 de junho de 1994, data que se transformou no Dia Mundial de Luta contra a Desertificação.

A Convenção Internacional de Combate à Desertificação, que já foi assinada por mais de 100 países, já está em vigor desde 26 de dezembro de 1996, após a ratificação de mais de 50 países. O Brasil passou a ser signatário da convenção em 1997.

No Brasil, merece destaque o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil (2008), o principal instrumento norteador do processo de transformação da realidade das áreas susceptíveis à desertificação, no âmbito das políticas de desenvolvimento sustentável.

As propostas de ação do PAN-Brasil estão focadas em quatro eixos fundamentais: combate à pobreza; ampliação sustentável da capacidade produtiva; preservação, conservação e manejo sustentável de recursos naturais; e, gestão democrática e fortalecimento institucional (PAN-BRASIL, 2008).

Outros termos ligados ao conceito de desertificação têm surgido no meio científico, como por exemplo, *arenização* e *deserto verde*, fruto de uma discussão e situação de degradação que ultrapassa os limites das regiões áridas e semi-áridas do globo.

O conceito de arenização é empregado para o processo de formação de areais no sudoeste do Rio Grande do Sul, na região de Alegrete conhecido por muitos como “deserto de São João” que já ultrapassam os 186 hectares. Não se enquadra no conceito de desertificação adotado pela ONU, apesar de características similares, mas numa região úmida (SOUTO, 1994).

Na mesma linha de pensamento, já se observa a utilização da expressão deserto verde, principalmente nos movimentos sociais e ambientalistas, ao fazer alusão a expansão de grandes monoculturas de eucalipto que, apesar de uma formação vegetal arbórea e constantemente verde, bem diferente da fisionomia de um deserto, leva a uma redução considerável da biodiversidade, mediante adoção de apenas uma espécie vegetal, uso de agrotóxicos, esgotamento de lençóis freáticos, uso intensivo do solo e expropriação de

pequenos agricultores. Essa situação ocorre com muita frequência no extremo sul da Bahia e norte do Espírito Santo, com a produção de celulose (KOOPMANS, 2005).

3.2. FATORES NATURAIS E ANTRÓPICOS CAUSADORES DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO

Os ambientes hiper-áridos, áridos e semi-áridos cobrem 1/3 da área total de diferentes zonas climáticas do globo (THOMAS, 1989). O Trópico Semi-Árido cobre, aproximadamente, uma área de 20 milhões de quilômetros quadrados, distribuído por 49 países dos 5 continentes representando 55% das terras agricultáveis do planeta (MENDES, 1985).

Ao longo da história foram áreas evitadas por inúmeras populações pela falta de água e de alimentos, além de eventos climáticos extremos que tornam essas regiões hostis a sobrevivência humana, o que reservou a essas regiões as menores densidades populacionais do globo. Grupos de caçadores e pastores nômades, além de populações perseguidas são as exceções (THOMAS, 1989).

A aridez tem suas causas ligadas a diversos fatores, entre os quais se destacam quatro: estabilidade atmosférica, continentalidade, topografia e correntes oceânicas frias (THOMAS, 1989). Além desses quatro fatores, o albedo, ou seja, a alta reflexibilidade é também uma das causas da aridez.

As regiões semi-áridas são mais variáveis do ponto de vista climático do que as regiões áridas e, por isso, torna-se difícil definir um único grupo climatológico para abarcar todas estas regiões. Essas regiões apresentam um comportamento variado, ora como região úmida, ora como deserto, ora como intermediária entre deserto e região úmida (MENDES, 1985).

As causas da desertificação são variadas e estão relacionadas a fenômenos naturais (quando ocorrem mudanças climáticas), ação antrópica (uso inadequado do solo, queimadas, desmatamentos, uso de tecnologias pesadas, etc.), ou os dois simultaneamente (natural e ação antrópica).

A *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO (2000) indica que os fatores responsáveis pela maior ou menor severidade da desertificação são:

- Rigor das condições climáticas (precipitação anual);
- Pressão populacional e o padrão de vida das pessoas envolvidas;
- Nível de desenvolvimento da região/país e qualidade das medidas preventivas adotadas.

As principais causas da degradação das zonas semi-áridas são o sobreuso ou uso inadequado dos recursos da terra, agravados pelas secas (MATALLO JÚNIOR, 2001).

Dentre os usos mais nocivos provocados pela pressão populacional ao ambiente estão:

- uso intensivo dos solos tanto na agricultura moderna quanto na tradicional;
- cultivo em terras inadequadas tais como pendentes, ecossistemas e matas remanescentes, etc;
- pecuária extensiva;
- desmatamento em áreas com vegetação nativa, áreas de preservação, margens de rios, etc;
- práticas inadequadas de irrigação, particularmente sem o uso de drenagem; e, mineração.

De acordo com dados apresentados por Sá *et al.* (1994), de forma genérica, as atividades mais impactantes no semi-árido são em ordem decrescente, o extrativismo, a pecuária e as culturas.

No extrativismo vegetal, as ações que mais contribuem para a degradação ambiental são a retirada da madeira de lei para uso em carpintaria, como estacas e mourões, retirada de lenha para consumo doméstico e fabricação de carvão para comercialização.

Na pecuária, por sua vez, destaca-se negativamente o pastoreio e o sobrepastejo de ovinos e caprinos que causam prejuízo a germinação de sementes, à permanência de pequenas mudas e no rebroto da vegetação nativa (SÁ *et al.*, 1994).

As culturas contribuem através da forma de preparo da terra através do uso do fogo e ausência de técnicas de conservação do solo, manejo esse que favorece a erosão dos solos.

No tangente à transferência de tecnologia para o rurícola, as regiões semi-áridas oferecem muito mais obstáculos do que as áridas, pois, a população se adapta melhor a permanente ausência de água (MENDES, 1985). Além disso, alguns fatores sócio-econômicos contribuem para tal quadro de desertificação, como:

- as populações das regiões semi-áridas estão entre as mais pobres do mundo;
- as tecnologias utilizadas não se adequam, em muitos casos, às restrições de recursos naturais características dessas áreas;
- a inserção das regiões secas aos mercados nacionais e internacionais vem estimulando a super-exploração dos recursos dentro de sistemas produtivos tradicionais e com baixo nível tecnológico.

Vale destacar, que não são apenas países pobres e subdesenvolvidos os afetados pela desertificação. A Espanha um dos principais países europeus possui 1/3 de seu território em processo de transformação em zona desértica, num processo de desertificação considerado

grave, situação essa que lhe conferiu o direito de sediar a VII Conferência da ONU sobre a Luta contra a Desertificação em 2007.

No Brasil, o estudo pioneiro dirigido por Vasconcelos Sobrinho (1974) apontou como causas fundamentais responsáveis pelo processo de desertificação a vocação pré-desértica (equilíbrio ecológico instável), criação extensiva, supressão generalizada da cobertura vegetal, queimadas e manejo incorreto do solo.

Um estudo mais recente e mais amplo foi realizado por Ferreira *et al.* (1994) do Núcleo Desert/Universidade Federal do Piauí baseou-se em 19 indicadores responsáveis pela desertificação, são eles:

1. densidade demográfica
2. sistema fundiário
3. mineração
4. qualidade da água
5. salinização
6. tempo de ocupação
7. mecanização
8. estagnação econômica
9. pecuarização
10. erosão
11. perda da fertilidade
12. área de preservação
13. defensivos agrícolas
14. área agrícola
15. bovinocultura
16. caprinocultura

17. ovinocultura

18. evolução demográfica

19. susceptibilidade à desertificação

O número de indicadores expressa a complexidade do processo de desertificação que, na verdade se caracteriza na intensificação das secas aliada à falta de uma infra-estrutura voltada para a convivência com a seca e não de combate à seca, acarretando na adoção de estratégias de sobrevivência que provocam uma excessiva pressão sobre os recursos naturais – água, solo e vegetação. Vale lembrar que o Semi-Árido Brasileiro é o mais povoado do mundo.

De forma geral, as causas da desertificação no Brasil, não são diferentes daquelas normalmente encontradas em outras áreas do mundo. Quase sempre se referem ao uso inadequado dos recursos (desmatamento), a práticas inapropriadas do uso do solo (sobrepastoreio e cultivo excessivo) e principalmente a modelos de desenvolvimento regionais imediatistas (MATALLO JÚNIOR, 2000; 2001).

A existência de concentrações populacionais, muitas vezes superiores à capacidade de carga do ambiente e com práticas primitivas de uso do solo, associadas em geral, a um sistema de propriedade da terra altamente concentrado, caracterizam graves problemas sócio-econômicos da desertificação e que, quase sempre, são agravados pela existência de secas periódicas (RODRIGUES & MATALLO JÚNIOR, 1987).

A introdução, nos últimos anos, de práticas modernas de irrigação e agroindústria, principalmente, nos vales do Jaguaribe e São Francisco e em grandes açudes, sem as devidas precauções quanto aos impactos ambientais do uso inadequado do recurso hídrico, da mecanização e do uso de defensivos agrícolas, tem provocado conseqüências sérias de erosão e salinização.

Essa recente “modernização” do campo nordestino é fruto de uma integração das economias das regiões semi-áridas aos mercados nacionais e internacionais, estimulando uma maior exploração dos recursos para atender às crescentes demandas (ELIAS, 2005).

3.3. CONSEQÜÊNCIAS AMBIENTAIS E SÓCIO-ECONÔMICAS DA DESERTIFICAÇÃO

Inúmeros são os efeitos da desertificação do ponto de vista ambiental, social e econômico, atingindo diretamente áreas distantes dos núcleos de desertificação, além das gerações futuras, dada a irreversibilidade do problema em muitos casos.

Esses processos de degradação produzem conseqüências sobre os diferentes componentes ambientais, como a eliminação da cobertura vegetal original em detrimento do aparecimento de uma cobertura invasora, com conseqüente redução na biodiversidade e, portanto, do patrimônio genético regional.

A supressão vegetal tem como efeito imediato a redução dos eventos chuvosos e aumento considerável das temperaturas, o que irá desencadear uma série de outras conseqüências.

A perda parcial ou total do solo, seja por fenômenos físicos (erosão) ou fenômenos químicos (salinização e alcalinização), acompanhada do aumento da freqüência de redemoinhos e tempestades de areia (FALCÃO SOBRINHO & FALCÃO, 2006).

A quantidade e a qualidade dos recursos hídricos também são comprometidas, afetando principalmente a infiltração e recarga de lençóis freáticos e assoreamento de rios, podendo ocasionar enchentes periódicas.

Dentre os problemas econômicos está a diminuição na fertilidade e produtividade do solo, afetando a produtividade e produção, animal e agrícola, gerando com isto, o abandono

de áreas, principalmente em casos de mineração e com conseqüente aumento nas atividades extrativistas (NUNES, 1998). Além disso, existe o custo quase incalculável da recuperação da capacidade produtiva de extensas áreas agrícolas e da extinção de espécies nativas, algumas com alto valor econômico e outras que podem vir a ser aproveitadas na agropecuária, inclusive no melhoramento genético, ou nas indústrias farmacêutica, química e outras.

Na população humana, acontece a diminuição da densidade, aumento relativo no número de jovens e idosos, havendo o predomínio do sexo feminino em função da alta migração do sexo masculino, o que vai incrementar os cinturões de pobreza dos centros urbanos (MATALLO JÚNIOR, 2001).

A migração para os centros urbanos decorre da falta de perspectivas. Procurando condições mais favoráveis de sobrevivência, estes migrantes tendem a agravar os problemas de infra-estrutura (transporte, saneamento, abastecimento, entre outros) já existentes nos centros urbanos. Verifica-se também um aumento nos níveis de desemprego e violência urbana.

No ponto de vista sócio-econômico, altera-se a relação produção/consumo, isto é, a ocupação humana que era basicamente primária ou produtiva, passa a ser secundária ou consumista. Aumento do desemprego, diminuição do investimento, crescente importação de produtos de consumo e, finalmente, a geração de uma consciência de abandono, provocada por atitudes de resignação frente aos graves problemas de sobrevivência e do abandono e desprezo por parte das instituições governamentais (SAMPAIO, 2005).

A desertificação agrava o desequilíbrio regional. Nas regiões mais pobres do planeta, existe uma grande lacuna a ser preenchida quanto ao desenvolvimento econômico e social entre as áreas susceptíveis ou em processo de desertificação e as áreas mais desenvolvidas. Outro obstáculo a superar é a ação política tradicional, baseada na exploração das populações mais fragilizadas (SALES & OLIVEIRA, 2006).

Dentro desta perspectiva pode-se esperar um agravamento significativo no quadro de desnutrição, falência econômica, baixo nível educacional e concentração de renda e poder que já existem tradicionalmente em muitas áreas propensas à desertificação nos países pobres ou em desenvolvimento. Sob essas condições vivem milhões de pessoas com pouca chance de se enquadrar em uma economia cada vez mais moderna e globalizada (ELIAS, 2005).

As causas e, ao mesmo tempo, as conseqüências da degradação e da desertificação são, frequentemente, a pobreza e a insegurança alimentar combinadas com as variações severas do ciclo hidrológico, como secas e enchentes.

Então, não resta outra alternativa senão adequar os paradigmas de produção agropecuário dentro de uma racionalidade ambiental que não comprometa a sustentabilidade da gerações presentes e futuras.

3.4. A SECA E A SEMI-ARIDEZ CLIMÁTICA: O CASO DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

Atrelado ao conceito de desertificação está a idéia de aridez e seus vários estágios. O critério mais utilizado para definir a aridez climática é a precipitação pluviométrica, além de outros critérios como o índice de aridez (combinação entre precipitação e evapotranspiração) e a ocorrência de secas.

Do ponto de vista hídrico, o Semi-Árido Brasileiro é, sobejamente, conhecido por apenas uma pequena parcela da região ter uma média pluviométrica anual inferior a 400 mm. No Semi-Árido como um todo, essa média sobe para 750 mm por ano. É bem verdade que temos problemas de má distribuição dessa chuva no tempo e no espaço. Mas, de fato, não existe ano sem chuva. Os anos mais secos dificilmente são inferiores a 200 mm (ASA, 2008).

De acordo com a nova delimitação do Semi-Árido Brasileiro, o Grupo de Trabalho Interministerial tomou por base 3 critérios técnicos (MIN.BRASIL, 2005):

1. precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm;
2. índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e
3. risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

Para efeitos de definição do termo semi-árido, tomaremos como base apenas a pluviosidade, considerando o estado de semi-aridez precipitações anuais inferiores a 800 mm.

O índice de aridez é outro critério utilizado, o qual é definido pela relação entre a precipitação e a evapotranspiração numa determinada área. Segundo, a UNEP (1992) e MIN.BRASIL (2005) as hiper-áridas, áridas e semi-áridas são aquelas que a razão de precipitação anual (P) e evapotranspiração potencial (ETP) está compreendida entre 0,05 e 0,6, exceto as áreas polares e sub-polares (tabela 01). O índice de aridez (IA) é definido pela fórmula: $IA = P/ETP$.

Tabela 01. Determinação das classes do índice de aridez climática.

Índice de Aridez	Classificação
< 0,05	Hiper-Árido
0,05 – 0,20	Árido
0,21 – 0,50	Semi-Árido
0,51 – 0,65	Sub-Úmido Seco
> 0,65	Sub-Úmido e Úmido

Fonte: UNEP (1992).

A recorrência dos períodos de seca é também outro fator analisado, embora mais impreciso. Foi com base nas áreas de ocorrência comum de secas no Nordeste, que em 1936

foi instituído a área denominada Polígono das Secas, compreendendo na época uma superfície de 672.281,98 km². Quanto maior a incidência das secas, maior a vulnerabilidade da área ao processo de desertificação (figura 02).

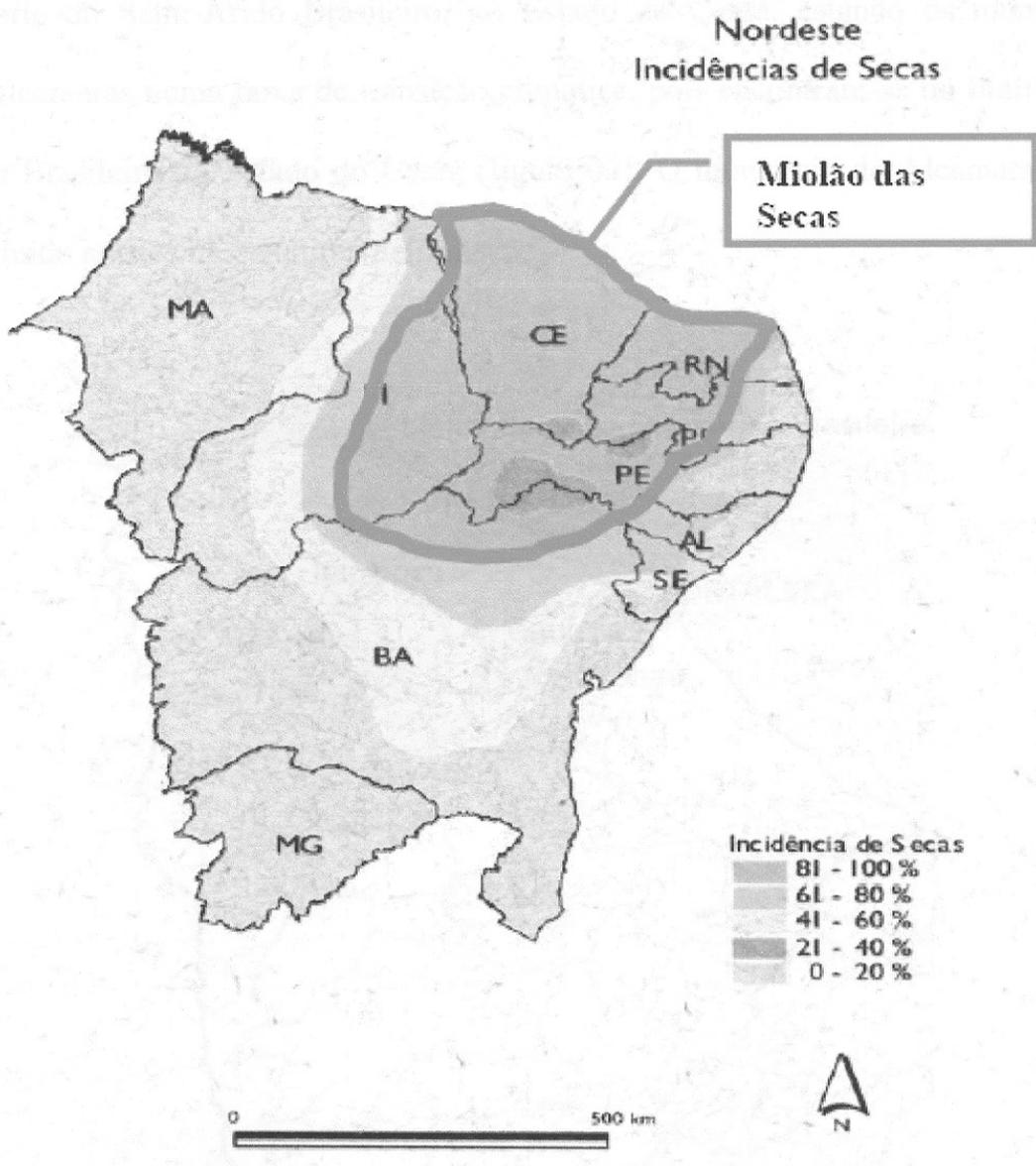


Figura 02. O “miolão” das secas no Semi-Árido Brasileiro (CARVALHO, 1973).

A partir da nova delimitação oficial, o Semi-Árido Brasileiro passa a integrar 1.133 municípios (antes 1.031) de 10 estados brasileiros, ocupando uma área de 969.589,4 km² (antes 892.309,4 km²). O Estado do Ceará, por exemplo, passou a contar com 150 municípios na lista, 16 a mais que a anterior, num total de 184 municípios no Estado. Vale ressaltar que

passam (ou já faziam) a fazer a parte do Semi-Árido os municípios enquadrados em pelo menos um dos três critérios utilizados.

No tocante a área em estudo, a mesma apresenta uma peculiaridade, pois, localiza-se no extremo norte do Semi-Árido Brasileiro, no Estado do Ceará, estando os municípios de Coreaú e Alcântaras numa faixa de transição climática, pois encontram-se no limite norte do Semi-Árido Brasileiro no Estado do Ceará (figura 03). O município de Alcântaras, por sua vez, foi incluído apenas nessa última delimitação.



Figura 03. Limite norte do Semi-Árido Brasileiro no Estado do Ceará. Em destaque, a área da bacia do rio Itacoatiara e entorno próximo (IBGE, 2007).

Essa enorme região brasileira com quase 1.000.000 km² classificada como semi-árida é uma área susceptível à desertificação. Estudos do Ministério do Meio Ambiente – MMA

(1998 *apud* MIN.BRASIL, 2005) mostram que as áreas gravemente afetadas pela desertificação no Nordeste abrangem cerca de 181.000 km² e as perdas econômicas podem chegar a 100 milhões de dólares anuais.

As causas da desertificação na região são as mais diversificadas possíveis como: desmatamento, atividade de mineração, cultivo excessivo, sistema de propriedade, sobrepastoreio e irrigação. No caso dessa última vem provocando sérios problemas de degradação ambiental. Segundo Elias (2005), cerca de 30% dos perímetros irrigados, já se encontram salinizados, compactados e inundados, implicando assim na redução da fertilização, produção e produtividade do solo e conseqüentemente à agrícola.

O Semi-Árido Brasileiro possui quatro grandes núcleos de desertificação intensa (MMA, 1993), os quais apresentam juntos, uma área de mais 18 mil km². As características gerais são as seguintes (MMA, 1993):

3.4.1. Núcleo de Cabrobó (PE)

O núcleo de Cabrobó foi o primeiro a ser identificado, na década de 70, pelo ecólogo Vasconcelos Sobrinho. Atualmente, a área afetada é de 4.960 km² e uma população de 24 mil habitantes. Atinge principalmente os municípios de Cabrobó, Belém do São Francisco e Floresta.

As principais causas da desertificação são o sobrepastoreio, o desmatamento e salinização do solo. O processo de salinização do solo é grave, em conseqüência, principalmente, da implantação desastrosa de projetos de irrigação. O município de Rodelas, no norte da Bahia, está se transformando num grande areal, com formação de dunas de até cinco metros de altura.

3.4.2. Núcleo do Seridó (RN/PB)

A área afetada é de 2.341 km² com uma população de 244 mil habitantes, caracterizando-se, portanto, como o núcleo de menor extensão territorial, porém o mais populoso tendo os seguintes municípios incluídos: Currais Novos, Cruzeta, Equador, Carnaúba dos Dantas, Acaraí e Parelhas.

As principais causas da desertificação são o desmatamento da caatinga para extração de lenha e argila, uso intensivo dos recursos naturais e sobrepastoreio (superpopulação de animais numa área muito restrita).

A região é marcada por solos rasos e pedregosos, com baixa capacidade de retenção de água. Em muitos locais, o desgaste da terra provocou o afloramento das rochas, tornando impossível o cultivo agrícola. Para alimentar os fornos das mais de 80 fábricas de cerâmicas que se espalham pela região, a vegetação nativa é desmatada, sem o controle do Ibama.

3.4.3. Núcleo de Gilbués (PI)

O núcleo de Gilbués, no sul do Piauí possui a maior área afetada com 6.131 km² abrangendo 15 municípios (área total de 35 mil km²): Gilbués, São Gonçalo do Gurguéia, Corrente, Monte Alegre do Piauí, Barreiras do Piauí, Curimatá, redenção do Gurguéia, Bom Jesus, Riacho Frio, Parnaguá, Morro Cabeça no Tempo, Avelino Lopes, Júlio Borges, Sebastião Barros e Cristalândia do Piauí, somando uma população de 126 mil habitantes. Vale ressaltar que parte do núcleo está fora da região semi-árida, muito embora a poucos quilômetros da mesma.

Entre as principais causas da desertificação estão a mineração de diamante e a pecuária extensiva. O núcleo apresenta solos arenosos, com formação de grandes dunas e voçorocas

provocadas por uma grave erosão eólica e hídrica que avançam em direção à parte urbana da cidade de Gilbués que apresenta um dos quadros mais graves do mundo.

O problema é agravado tanto no inverno (quando as chuvas arrastam grandes quantidades de solo), quanto na seca, época em que os solos ficam ressecados e a ação do vento acentua ainda mais o processo erosivo. Os brejos e leitos dos rios estão sendo soterrados pelos solos erodidos. Por causa disso, a temperatura da região já aumentou cerca de 2 graus nos últimos anos.

3.4.4. Núcleo de Irauçuba (CE)

A área afetada é de 4.000 km² no norte do Estado do Ceará e conta uma população de 34.250 habitantes.

A desertificação na região tem como principais causas os intensos desmatamentos, prática de queimadas, pecuária extensiva e ocupação desordenada do solo (SALES & OLIVEIRA, 2006).

A região conta com as seguintes características: solos rasos e pedregosos. As camadas de terra foram retiradas em grande quantidade e de forma uniforme, provocando o afloramento das rochas. É o que os técnicos chamam de erosão laminar. Muitas dessas áreas estão localizadas em terrenos altos e inclinados, o que aumenta o processo de degradação. A monocultura do algodão, nas décadas de 50 e 60, contribuiu para o desgaste do solo, que também sofreu com os desmatamentos ocorridos nos anos 70, quando a madeira foi usada, indiscriminadamente, para a produção de energia (NUNES, 2006).

Muito embora apenas esses quatro núcleos sejam reconhecidos pelo Ministério do Meio Ambiente dado a dimensão e nível de degradação, muitas outras áreas do Semi-Árido

Brasileiro, e principalmente, no Estado do Ceará (figura 04) estão passando pelo mesmo processo.



Figura 04. Áreas com graves problemas de conservação e predispostas à desertificação no Estado do Ceará. O local assinalado indica a área em estudo e o entorno próximo. (FUNCEME, 1993).

A bacia do rio Itacoatiara inserida na depressão periférica do planalto da Ibiapaba no médio curso da bacia do rio Coreaú onde está situado um dos três grandes campos de calcário da região, vem apresentando características sócio-econômicas e naturais graves de um processo de desertificação, associado em grande parte a mineração do calcário.

3.5. MINERAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

A mineração assume contornos de importância decisiva para o desenvolvimento, pois observa-se que o minério extraído da natureza está em quase todos os produtos utilizados. Entretanto, esta dependência gera um ônus para a sociedade, ou seja, o surgimento de imensas áreas degradadas que, ao final da exploração, na maioria das vezes, não podem ser ocupadas racionalmente (KOPEZINSKI, 2000).

O empreendimento minerário é extremamente complexo do ponto de vista ambiental, pois em todas as etapas da atividade (tabela 02) o número de impactos ambientais positivos e, principalmente, negativos são inúmeros.

Tabela 02. Etapas de um empreendimento minerário.

Processos	Fases desenvolvidas	Operações
Implantação	<ul style="list-style-type: none"> - pesquisa mineral - abertura de vias de acesso - instalação de equipamento 	- processo de desmatamento, estaqueamento e escavação
Funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> - decapeamento - desmonte - transporte - beneficiamento - disposição de rejeitos - estocagem do produto - operações auxiliares 	- remoção, desagregação, transferência, purificar, armazenar, construção e manutenção.
Desativação	<ul style="list-style-type: none"> - restauração - reabilitação - recuperação 	- poder usufruir

Fonte: FORNASARI FILHO *et al.* (1984).

De acordo com Sánchez (2008), entre os principais impactos ambientais causados pela atividade de mineração em todas suas fases estão:

- aumento das taxas de erosão;
- aumento da carga de sedimentos nos corpos d'água;
- alteração da topografia hidrográfica;
- geração de resíduos sólidos;
- consumo de água;
- geração de efluentes líquidos;

- geração de ruídos;
- geração de material particulado;
- geração de gases de combustão;
- perda de áreas de cultura e pastagem;
- perda de fragmentos de vegetação nativa;
- aumento do tráfego de caminhões;
- aumento da demanda de bens e serviços;
- geração de impostos e contribuições;
- criação de postos de trabalho;
- criação de postos de trabalho;
- alteração da qualidade do ar;
- alteração da qualidade das águas superficiais;
- alteração da qualidade do solo;
- impacto visual;
- diminuição da produção agrícola;
- incremento das atividades comerciais;
- aumento da arrecadação tributária.

Fornasari Filho *et al.* (1984), relatam que outro aspecto problemático relacionado às explorações de pedras ornamentais como o calcário, no Estado de São Paulo refere-se aos rejeitos, que se constituem nos materiais de capeamento e nos finos resultantes do beneficiamento. Os materiais de capeamento, constituindo solo superficial e de alteração contendo matacões, são depositados em corpos de bota-fora. Estes corpos ficam expostos aos agentes erosivos que transportam os materiais e provocam o assoreamento dos cursos d'água.

Entre as inúmeras especificidades da mineração na bacia do rio Itacoatiara está o fato da extração do calcário ser realizada quase que exclusivamente de forma manual nos afloramentos rochosos espalhados pela bacia. Por conta disso, as áreas de jazida não são contínuas espacialmente o que aumenta o estrago ambiental e dificulta a reabilitação das áreas degradadas.

A atividade minerária na bacia realizada principalmente pelas pequenas UBC's não seguem nenhum dos procedimentos técnicos que visam à minimização dos impactos ambientais, parte pela baixa capacidade de investimento dos empreendedores e parte pela falta de planejamento e fiscalização dos órgãos ambientais competentes municipais e estaduais.

Pela falta de planejamento da atividade, uma área bem superior à jazida acaba sendo degradada, o que aumenta os efeitos negativos da mineração do calcário na bacia. Além disso, após a desativação da jazida, a área degradada não passa por um processo de reabilitação ficando a mesma exposta aos processos erosivos e a circulação de pessoas e animais podendo causar acidentes graves.

O que se percebe claramente é a falta de planejamento ambiental e territorial da atividade de mineração de calcário na bacia do rio Itacoatiara, o que tem levado a efeitos ambientais negativos aos recursos naturais e à população que superam os impactos positivos como a geração de emprego e renda na região.

Talvez, uma adaptação do processo de regulamentação da atividade, de extração de calcário e do replantio de espécies nativas retiradas para alimentar os fornos das UBC's seria uma das soluções, além de uma espécie de zoneamento da atividade que melhorariam bastante a qualidade de vida da população e a disponibilidade dos recursos naturais para as futuras gerações da bacia do rio Itacoatiara.

As vibrações engendradas pelo desmonte de rocha com explosivos em minerações ilustram o uso de extrapolações a partir de ensaios de campo *in situ*. A energia em excesso, sempre presente na detonação, propaga-se por meio de ondas elásticas, similares às ondas de som propagando-se pelo ar. Essas vibrações podem causar danos a residências e outras construções, dependendo de sua intensidade (SÁNCHEZ, 2008).

Não há um modelo universal que permita prever as vibrações se for conhecida a carga de explosivos e a distância, devido justamente a fatores locais ditados pela geologia (SÁNCHEZ, 2008).

4. METODOLOGIA

A operacionalização desta pesquisa está fundamentada basicamente em duas etapas de trabalho: gabinete e campo.

O trabalho de gabinete caracterizou-se pela revisão bibliográfica da fundamentação teórica da pesquisa abordada no capítulo anterior. A pesquisa tem no centro da discussão teórica os conceitos de *degradação ambiental*, *desertificação* e *semi-aridez* e o tripé de elementos da paisagem (Albuquerque, 2004): calcário (matéria-prima mineral), caieira (unidade de beneficiamento de calcário) e cal (principal produto).

A delimitação da área de estudo tomou como recorte espacial a bacia hidrográfica do rio Itacoatiara, uma célula natural de análise (BOTELHO & SILVA, 2004) por constituir-se num sistema hidrogeomorfológico que se revela como uma unidade conveniente ao entendimento da ação dos processos hidrológicos e geomorfológicos e das ligações espaciais entre áreas distintas que podem afetar tanto o planejamento local como o planejamento regional (COELHO NETTO, 2007). Além disso, a bacia hidrográfica é o recorte espacial da metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista proposto por Beltrame (1994).

A pesquisa desenvolve-se em duas escalas de análise:

- escala regional, onde a bacia do rio Itacoatiara é contextualizada na região do Médio Coreaú, principalmente, no que refere-se às características naturais e históricas;
- escala local, onde a análise recai nos fatores internos e inerentes à bacia como os recursos naturais disponíveis e a degradação ambiental pela atividade de mineração.

4.1. DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA

A referida pesquisa fundamenta-se na adaptação e aplicação da metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC proposta por Beltrame (1994), em trabalho desenvolvido na bacia do rio Cedro, Santa Catarina. O DFC tem como embasamento teórico trabalhos desenvolvidos pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT) e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR), ambos da Venezuela.

O DFC tem como principal objetivo determinar o potencial de degradação ambiental de uma bacia hidrográfica, a partir de fatores naturais, fornecendo assim, subsídios ao planejamento e manejo dos recursos naturais. Para tanto, se faz necessário à indicação de parâmetros potenciais que serão expressos em forma numérica, estabelecendo o risco de degradação e possibilitando uma análise qualitativa quanto à preservação desses recursos.

A metodologia originalmente, pressupõe a divisão da bacia em setores menores, a fim de definir o setor mais degradado, priorizando ações do planejamento conservacionista, apesar da área em estudo apresentar sérias deficiências do ponto de vista de material cartográfico base.

A bacia do rio Itacoatiara foi dividida em três setores (figura 05), os quais foram denominados de A, B e C, tomando como parâmetros as características naturais, principalmente a altitude, além da principal atividade extrativista (tabela 03).

Tabela 03. Diferenças e critério de setorização da bacia do rio Itacoatiara.

Setor	Área da bacia (%)	Altitude (m)	Principal atividade extrativista	Principais características
				naturais
A	41	200 - 900	Madeira	Alto curso da bacia – Precipitações medianas; solos mais profundos e maiores declividades
B	55	81 - 200	Calcário	Médio curso da bacia – Baixas precipitações; solos mais rasos e pedregosos e declividades medianas
C	04	< 80	Carnaúba	Baixo curso da bacia – Precipitações elevadas; Faixa estreita de Neossolos Flúvicos e baixa declividade com carnaubais

O setor A compreende a área serrana da bacia do rio Itacoatiara correspondendo a 41% da bacia, sendo marcado por altitudes superiores a 200 metros. É nesse setor que estão localizadas as nascentes do rio Itacoatiara e seus afluentes no município de Alcântaras.

O setor B, por sua vez, compreende o médio curso do rio Itacoatiara na depressão Sertaneja, compreendendo os terrenos entre 80 e 200 metros de altitude. É o setor onde se concentram as unidades de beneficiamento de calcário e a maior concentração populacional da bacia.

O setor C, por sua vez, é o menor com apenas 4% da bacia sendo marcado pelo baixo curso com a presença de carnaubais e precipitações mais elevadas e terrenos abaixo de 80 m de altitude. Nesse setor não existem unidades de beneficiamento de calcário.

41°39'24"

319.000m

322.000m

325.000m

14°53'

Mocambo

Baixa da Onça

566

696

690

374

475

534

685

Belém

683

S. Bento 856

865

824

87

Cachoeira

Itaquatira

Pai João

500

550

854

S. Bernardo

888

Ste. Cachoeira

Morro das Rolas

104

Aroeira

116

161

Mosquito

Ponta da Serra

133

110

Visitação

COREAÚ

Pedra de Fogo

141

Barra

Vertente

40°39'24"

319.000m

322.000m

325.000m

AUTOR: Francisco Nataniel Batista de Albuquerque
 ORIENTADOR: Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

MINERAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL/DESERTIFICAÇÃO
 NA BACIA DO RIO ITACOATIARA NOROESTE DO ESTADO DO CEARÁ.

Figura 05.
 SETORIZAÇÃO

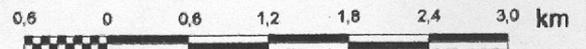
LEGENDA:

ALTITUDE (m)	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
até 200 m	468,7326	3,57
de 200 até 80 m	5.397,3925	41,17
de 80 m até a foz	1.241,4881	55,26

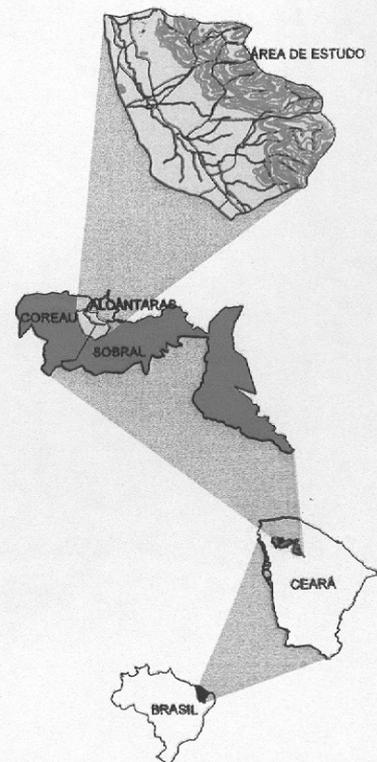
SÍMBOLOS CONVENCIONAIS

-  Riacho
-  Lagoa
-  Açude
-  Curvas de Nível
-  Estradas

ESCALA: 1:60.000



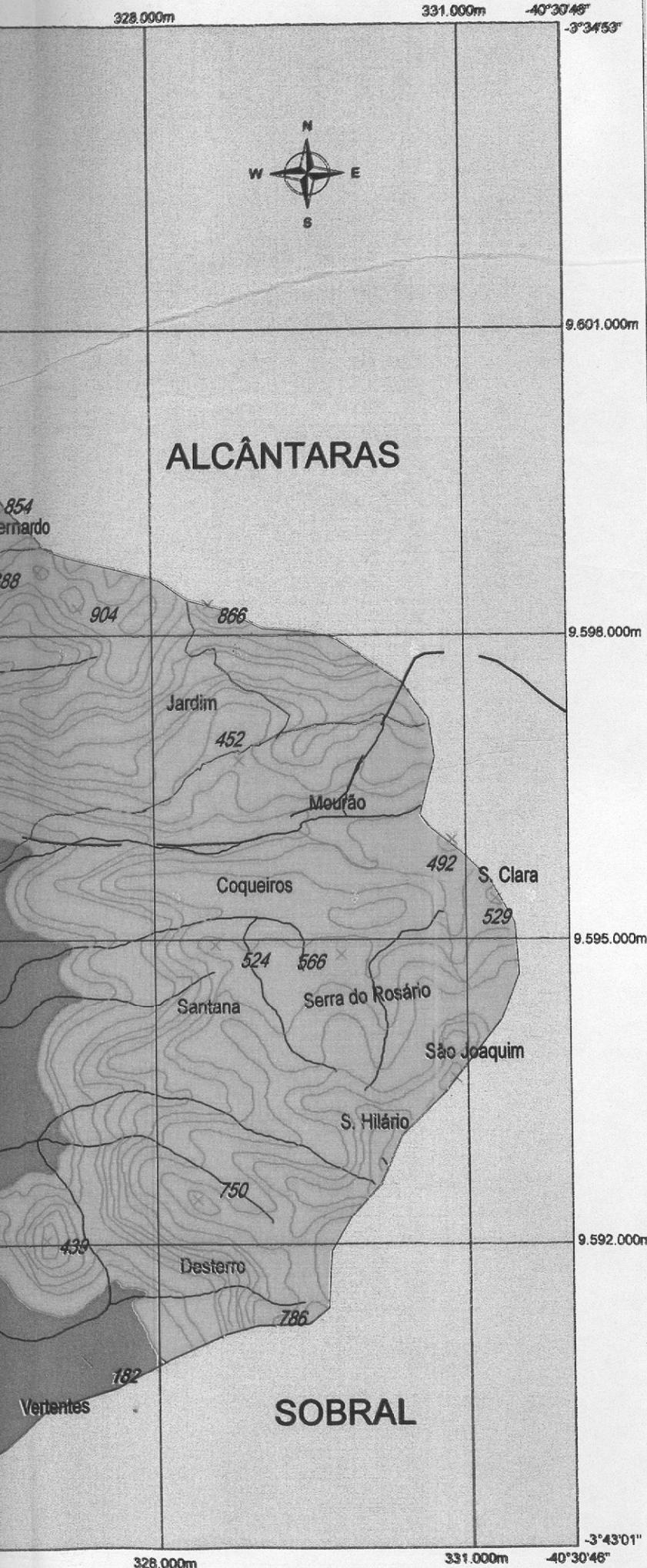
LOCALIZAÇÃO:



SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSOR DE MERCATOR
 DATUM: SAD - 69 / FUSO - 24 / MC - 39° WGr

FONTE: Imagem de Satélite (Landsat/2002) / Escala: 1:250.000
 SUDENE - 2001 / Escala: 1: 100.000

Organização: Francisco Nataniel Batista de Albuquerque
 Digitalização: Ana Maria Ferreira e Bárbara K. S. Lima



A setorização da bacia visa a posterior comparação dos estudos ambientais de cada setor e a posterior intervenção na bacia através do planejamento territorial e ambiental.

A metodologia desenvolvida por Beltrame (1994) parte da definição de alguns parâmetros físico-naturais passíveis de uma análise quantitativa da degradação. Para orientar nossa pesquisa foram confeccionados 03 (três) mapas temáticos na escala 1:100.000: hipsometria, precipitação e solos para melhor caracterizar o diagnóstico físico-conservacionista.

Os parâmetros identificados foram expressos de forma numérica, através de uma fórmula descritiva, que estabeleceu o risco de degradação dos setores da bacia, possibilitando a análise qualitativa quanto a preservação desses recursos.

O DFC da bacia do rio Itacoatiara constitui um subsídio básico para trabalhos em nível de extensão rural e/ou projetos que visem a recuperação ambiental da área, pois fornece indicativos para a racionalização do uso e manejo dos recursos da bacia.

4.2. INFORMAÇÃO CARTOGRÁFICA E IMAGEM ORBITAL

A base cartográfica utilizada na pesquisa foi a carta topográfica Frecheirinha (SUDENE, 2001), na escala 1:100.000 e a imagem de satélite LANDSAT 2002 na escala 1:250.000. Com o auxílio do programa *Google Earth* foi realizado um perfil transversal no baixo curso da bacia, além da localização geográfica das unidades de beneficiamento do calcário, com a verificação em campo.

4.3. INFORMAÇÕES DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA

A caracterização do arcabouço geológico regional foi obtida a partir do trabalho de Souza (1988), além do mapa metalogenético previsional do Projeto Radambrasil (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1981).

A análise geomorfológica da bacia foi realizada com base na Folha Frecheirinha (SUDENE, 2001), a qual serviu de base para a elaboração do mapa hipsométrico da bacia com 05 (cinco) classes altimétricas: 0 – 200 m; 201 – 500 m; 501 – 700 m; 701 – 900 m; acima de 900 m com suas respectivas áreas.

A caracterização pedológica da bacia foi realizada com base no levantamento da Embrapa/Sudene (1973), onde foram identificadas as classes de solo e suas principais características.

Os dados de precipitação pluviométrica da bacia foram obtidos na Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME, a qual possui postos pluviométricos em todo o território cearense. Para efeito de representação dos índices pluviométricos da bacia foram tomadas para análise cinco postos pluviométricos, dos quais apenas um encontra-se no interior da bacia, estando os demais no entorno próximo da mesma (tabela 04).

Tabela 04. Relação dos postos pluviométricos da bacia e entorno por município.

Posto Pluviométrico	Município
Coreaú	Coreaú
Aroeiras*	
Sítio Urubu	
Alcântaras	Alcântaras
Aprazível	Sobral

* Único posto localizado no interior da bacia do rio Itacoatiara.

A precipitação de cada posto pluviométrico foi representada através de gráficos que demonstram a variação anual das chuvas na bacia, evidenciando o déficit pluviométrico no segundo semestre do ano, além da comparação entre os cinco postos pluviométricos.

Para determinar a área geográfica de influência de cada posto pluviométrico foi utilizado o método de Thiessen, seguindo as seguintes etapas:

- unimos por linha reta os pontos onde estão localizados os postos pluviométricos;
- traçamos mediatrizes dessas linhas até unirem-se, formando polígonos. Os limites destas são as áreas de influência de cada estação;

A melhor forma de representação cartográfica dos dados de pluviometria seria através de isoietas, mas pela escala de análise não permite um grupo de detalhamento das informações, além da baixa quantidade de postos pluviométricos. Por isso, a escolha pelo método de Thiessen, apesar de algumas limitações também.

Muito embora, o método de Thiessen seja adequado para áreas de estudo que, a exemplo da bacia do rio Itacoatiara, conta com poucos postos pluviométricos, Beltrame (1994) ressalta o fato do mesmo não considerar as influências orográficas, como é o caso da serra da Meruoca-Rosário na área de estudo.

4.4. MONITORAMENTO DA INTERCEPTAÇÃO VEGETAL E PRECIPITAÇÃO INTERNA NA CAATINGA

Tendo como objetivo fornecer um maior suporte à discussão do diagnóstico físico-conservacionista montou-se um experimento na bacia para monitorar a interceptação vegetal e precipitação interna em ambiente de Caatinga segundo metodologia de Coelho Netto (2007), a fim de se analisar a importância da conservação da cobertura vegetal para a proteção dos solos

e de todo o ecossistema deste bioma. Além disso, o monitoramento visa ajudar a desmistificar um dos vários mitos que colocam a Caatinga como bioma de ordem inferior quando comparado com outros como a Floresta Amazônica ou a Mata Atlântica, por exemplo.

A pesquisa foi realizada durante o ano hidrológico de 2008 numa área experimental situada às margens do rio Itacoatiara, na localidade de Cachoeira. Foram selecionadas duas áreas de 100 m^2 ($10 \times 10 \text{ m}$) de vegetação de Caatinga, sendo uma arbustiva e outra arbórea.

Na pesquisa, foram consideradas apenas a entrada e a saída de água (precipitação total), isto é, a relação entre a precipitação no dossel e a precipitação coletada nos pluviômetros. Parâmetros como evaporação, fluxo de tronco, vento e intensidade da chuva foram desconsideradas.

Em cada uma das parcelas foram instalados 15 pluviômetros a uma altura de 50 cm do solo, os quais foram dispostos de modo a representar a diversidade interna do ambiente cobrindo cada um uma área de aproximadamente $6,7 \text{ m}^2$ (figura 06). Outros dois pluviômetros foram instalados em área próxima sem cobertura vegetal para coletar diariamente a precipitação sem interferência (precipitação total).

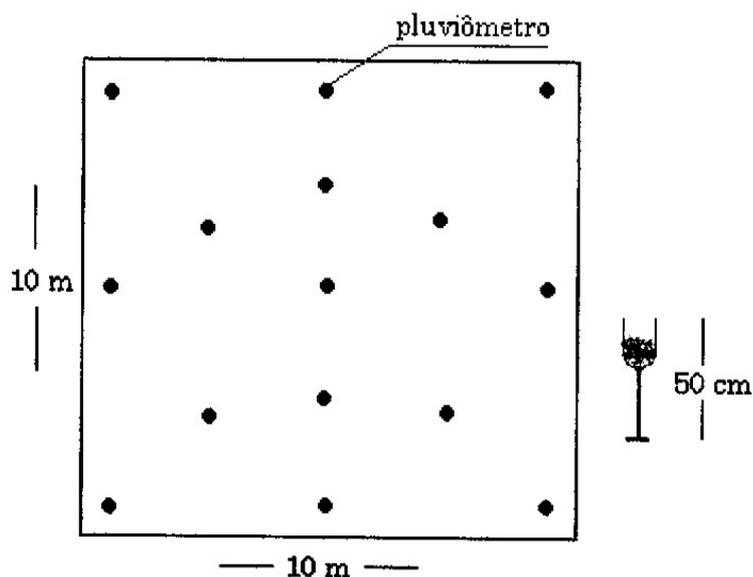


Figura 06. Esquema do experimento para monitoramento da interceptação vegetal e precipitação interna.

4.5. TRABALHO DE CAMPO

Como complemento às informações do diagnóstico físico-conservacionista, foram elencados indicadores sócio-econômicos determinantes para o processo de degradação ambiental e desertificação na bacia do rio Itacoatiara com base no trabalho Matallo Júnior (2001) e Ferreira *et al.* (1994) para verificação em campo. Dentre esses indicadores estão: agricultura e pecuária extensiva; extração mineral; extração vegetal; êxodo rural; estrutura fundiária e tempo de ocupação; entre outros.

O primeiro procedimento realizado foi à identificação e georreferenciamento das unidades de beneficiamento de calcário – caieiras e fornos de cal – em funcionamento ou desativadas, para a elaboração do mapa de distribuição espacial das mesmas na bacia e posterior análise do padrão espacial por elas assumidas.

De um total de 19 (dezenove) unidades de beneficiamento de calcário identificadas foram escolhidas 10 (dez) unidades, correspondendo a mais de 50% do total. A escolha teve como critério a distribuição espacial e a estrutura das mesmas, principalmente, capacidade de produção o que caracterizou uma amostragem do tipo não-probabilística.

A etapa posterior do trabalho de campo foi marcada pela entrevista realizada junto aos trabalhadores das UBC's, conhecidos localmente como caeiristas, além de registros fotográficos e outros levantamentos necessários para o diagnóstico da desertificação/degradação ambiental na bacia do rio Itacoatiara.

Entre os principais questionamentos e observações estavam os impactos ambientais causados pela atividade, principalmente, supressão da vegetação nativa, extração mineral, poluição atmosférica, além de impactos humanos, como a insalubridade do trabalho.

Os trabalhadores foram questionados também a respeito das áreas fontes de lenha e calcário, bem como a quantidade consumida por queima desses recursos naturais na tentativa

de atribuir dados quantitativos à degradação, mesmo com a negação ou a deturpação das informações colhidas dado o medo de uma possível fiscalização dos órgãos ambientais pela ilegalidade da atividade na região.

5. DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO E DOS ASPECTOS HISTÓRICOS E SÓCIO-ECONÔMICOS DA BACIA DO RIO ITACOATIARA

5.1. ASPECTOS FÍSICO-NATURAIS

O levantamento dos aspectos físico-naturais e sócio-ambientais da bacia do rio Itacoatiara caracteriza-se pela coleta de dados essenciais ao entendimento da dinâmica natural e sócio-espacial do processo de desertificação na bacia, do qual os três principais elementos da paisagem: calcário, caieira e cal, ao mesmo tempo são condicionantes e reflexos.

5.1.1. Arcabouço geológico

A Bacia do Rio Itacoatiara está situada no Domínio Morfoestrutural da Depressão Sertaneja, constituído, predominantemente, por rochas do embasamento cristalino, representadas pela primazia de litologias datadas do Pré-Cambriano (OLIVEIRA, 2006).

Dentro desse contexto destaca-se o batólito Serra da Meruoca-Rosário, datado do fim do período Cambriano, sendo formado pelo Granito Meruoca, constituído por granitos, biotita-hornblenda-granitos e granófiros, com passagem transicional para vulcânicas nos bordos. Associam-se diques de riolitos, granito pórfiro e quartzo diorito (BRASIL.MME, 1981).

Os principais tipos de rochas ornamentais do Complexo Meruoca-Rosário, localizado a leste da área de estudo, são o Granito Vermelho Alcântaras e o Granito Cinza Meruoca, onde afloram de modo extensivo e homogêneo, tanto na forma de matacões soltos e empilhados de tamanhos variados, situados, notadamente, nas zonas de meia encosta, como também em

grandes maciços rochosos de acentuada expressão topográfica, formando a serra da Meruoca PONTES (1991).

Além do granito, outra rocha bastante explorada na bacia é o calcário, pois a mesma abrange parte de um dos maiores campos de calcário do Estado do Ceará. A região do Médio Coreau onde está localizada a bacia do rio Itacoatiara possui 3 grandes campos de calcário, todos pertencentes a Formação Frecheirinha, denominados de Frecheirinha, Aroeira e Penanduba (figura 07), que se apresentam sob a forma de quilométricas manchas contínuas aflorando em alguns pontos da superfície sertaneja.

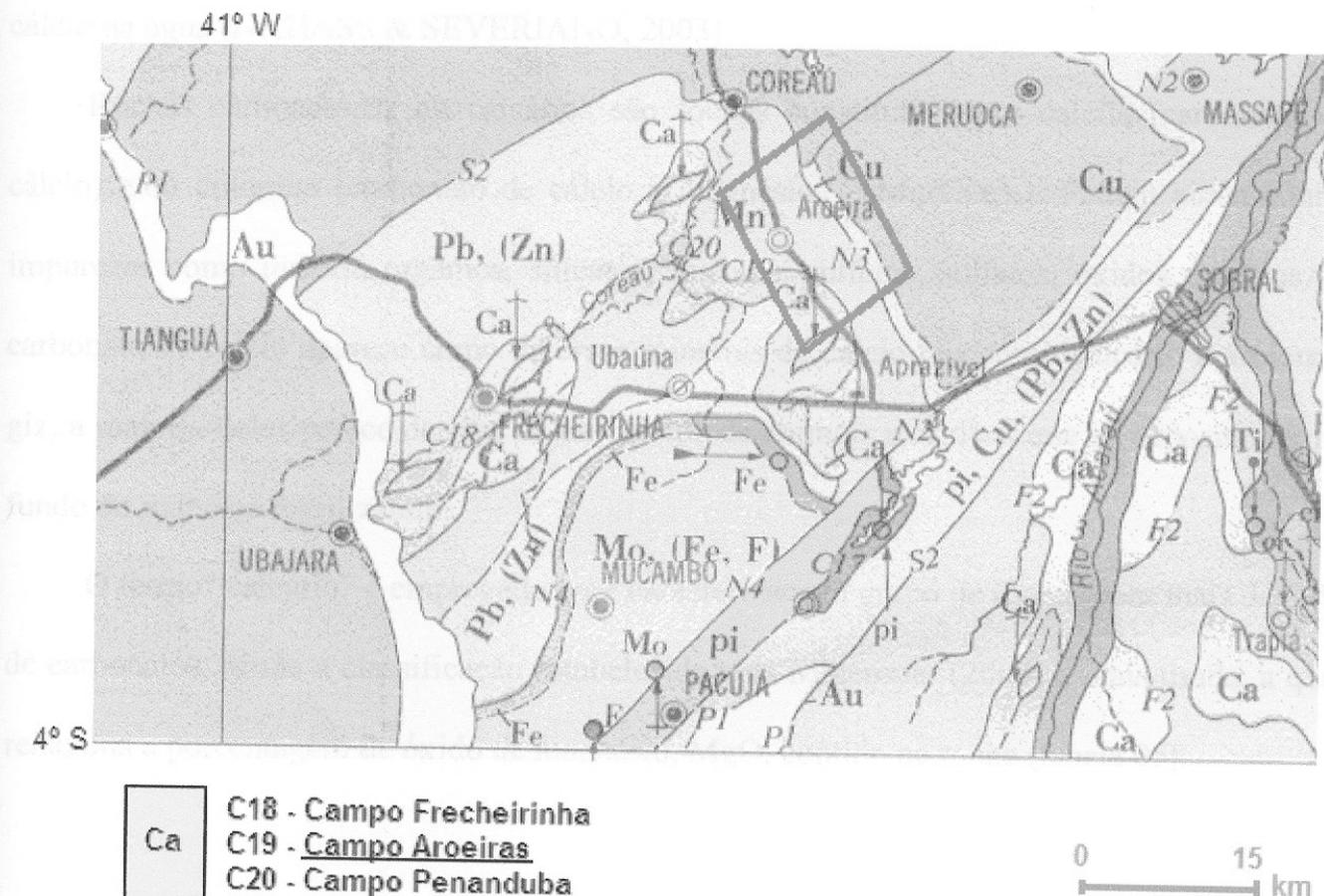


Figura 07. Mapa metalogenético provisional regional. A área em destaque corresponde aproximadamente à bacia do rio Itacoatiara (MME, 1981).

O Campo Metalogenético Aroeira é o único onde parte está situada na bacia do rio Itacoatiara, o qual possui aproximadamente 30 km de extensão, formando a letra “L” invertida, onde no sentido N-S são aproximadamente 15 km, sendo que ao N, a faixa estende-

se para W, por mais 15 km, tendo como largura média, 8 km (N-S) e 3 km (E-W), sendo cortada e margeada descontinuamente pela CE-364, nas proximidades do distrito de Pedra de Fogo, município de Sobral.

O calcário é a rocha mineral que se constitui na matéria-prima utilizada na fabricação da cal, que por sua vez se destina aos vários propósitos quanto a sua aplicabilidade. Caracterizam-se por sua presença abundante na natureza, constituindo cerca de 10 a 15% das rochas sedimentares encontradas na superfície da terra, gerando significativos depósitos metamórficos e ígneos. A maior parte dos calcários é originária do mar decorrentes da acumulação de conchas e fragmentos de concha, ou pela cristalização direta do carbonato de cálcio na água (NAHASS & SEVERIANO, 2003).

Rochas carbonatadas ou calcários são rochas constituídas por calcita (carbonato de cálcio) e/ou dolomita [carbonato de cálcio e magnésio, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]. Podem ainda conter impurezas como matéria orgânica, silicatos, fosfatos, sulfetos, sulfatos, óxidos e outros. O carbonato de cálcio aparece como diversos minerais de cálcio tais como calcário mármore e giz, a maioria deles parece derivar de esqueletos de animais marinhos que se depositaram no fundo do mar e se fossilizaram.

O termo “calcário” é empregado para caracterizar um grupo de rochas com mais de 50% de carbonatos, sendo a classificação estabelecida pela Mineropar (2005) a mais usada, a qual relaciona a porcentagem de óxido de magnésio, MgO , contido na rocha (tabela 05).

Tabela 05. Classificação das rochas calcárias.

Denominação	MgO (%)
Calcário	0 a 1,1
Calcário Magnesiano	1,1 a 2,1
Calcário Dolomítico	2,1 a 10,8
Dolomito Calcítico	10,8 a 19,5
Dolomito	19,5 a 21,7

Fonte: MINEROPAR (2005).

Nahass & Severiano (2003) citam que há dois processos de diagênese importantes na formação do calcário:

- *a cimentação*: onde o carbonato de cálcio se precipita nos interstícios porosos entre os grãos de sedimento, cimentando todos os vazios, resultando numa rocha compacta e dura;
- *a alteração de minerais*: tais como a transformação do cristal de aragonita em calcita (sistema ortorrômbico para trigonal), e a dolomitização da calcita pela absorção do magnésio das águas percolantes.

5.1.2. Geomorfologia

No âmbito regional, a bacia do Rio Itacoatiara está situada no extremo noroeste do Domínio da Depressão Sertaneja limitando-se a oeste com o Planalto da Ibiapaba (figura 08), feição geomorfológica que caracteriza a borda oriental dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Parnaíba segundo Ross (1985).

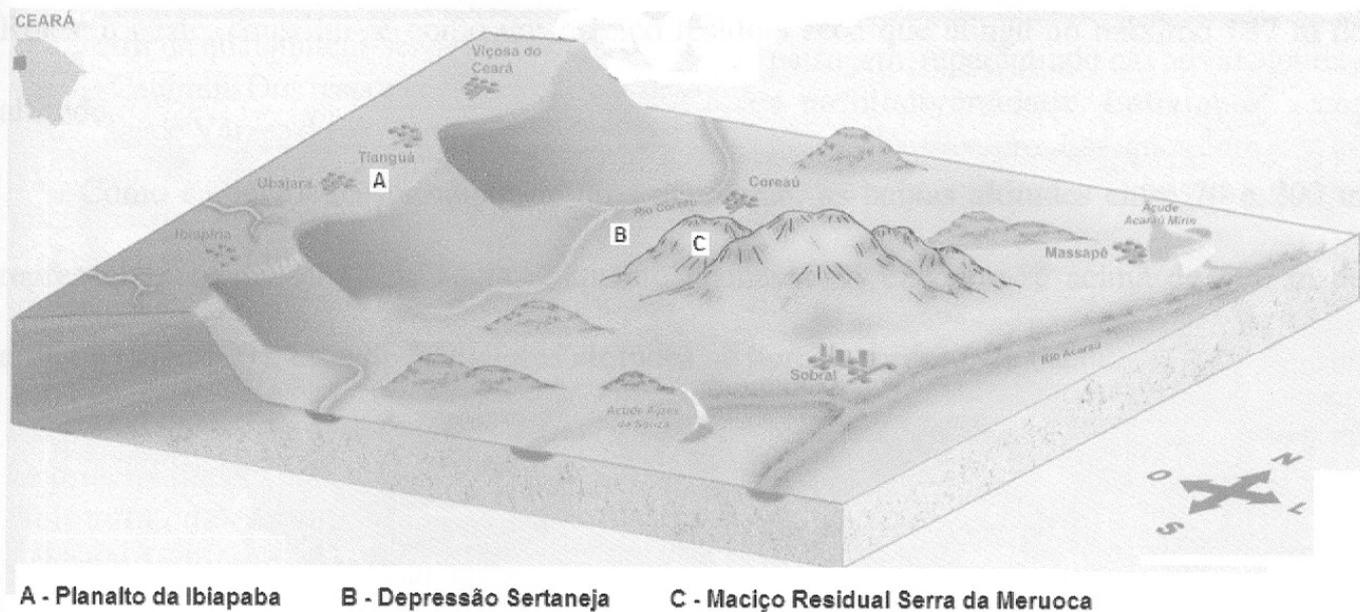


Figura 08. Bloco-diagrama da região em estudo evidenciando as macro-unidades geomorfológicas (SILVA *et al.*, 2004).

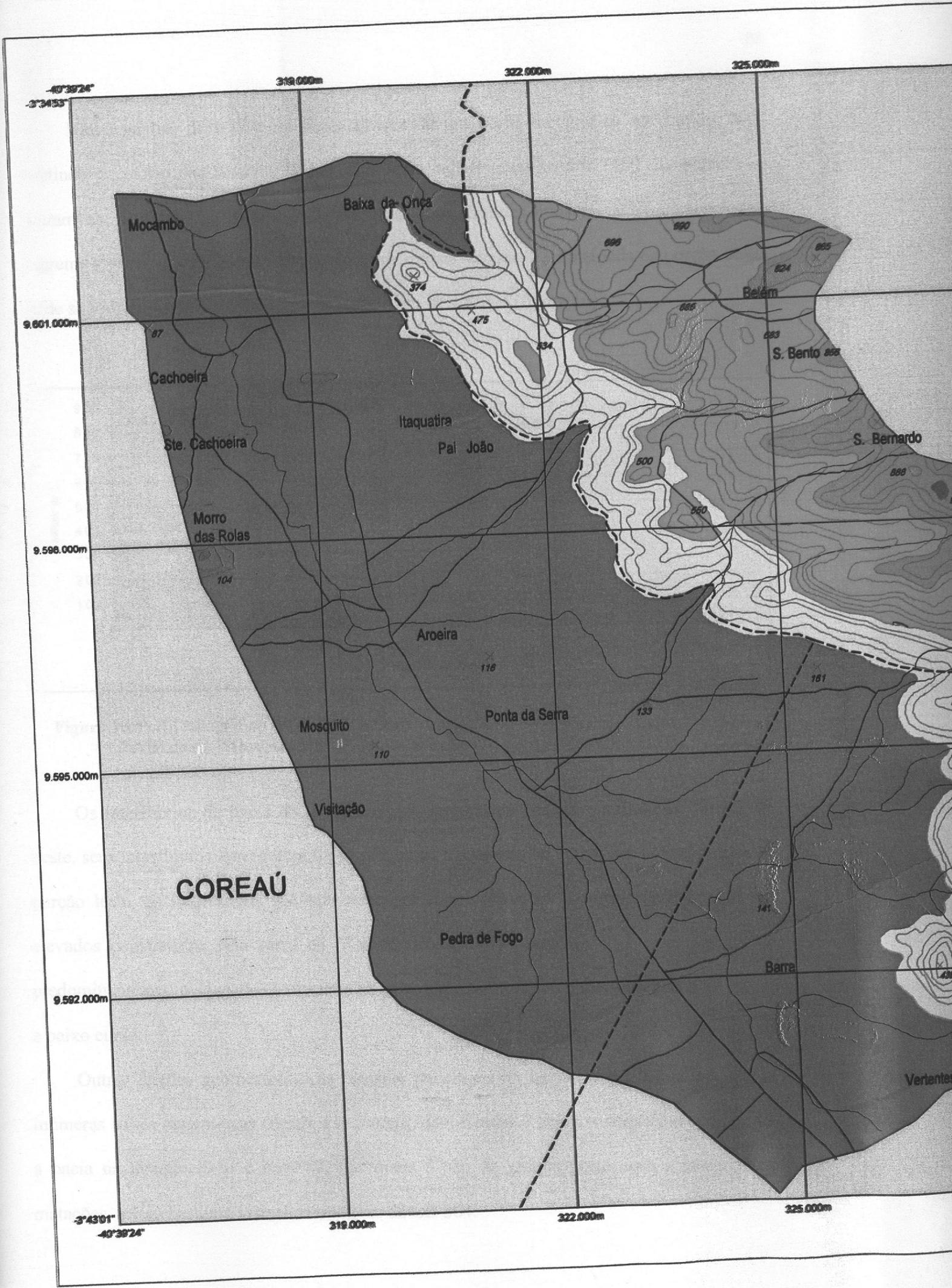
A Depressão Sertaneja é a porção norte da maior unidade geomorfológica do Semi-Árido Brasileiro, a Depressão Sertaneja e do São Francisco segundo classificação proposta por Ross (1985). Velloso *et al.* (2002), numa proposta de classificação das ecorregiões nordestinas, diferencia a Depressão Sertaneja Setentrional e a Meridional, utilizando o mesmo limite natural da classificação de Ross, a chapada do Araripe, nas fronteiras dos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí para diferenciar as regiões.

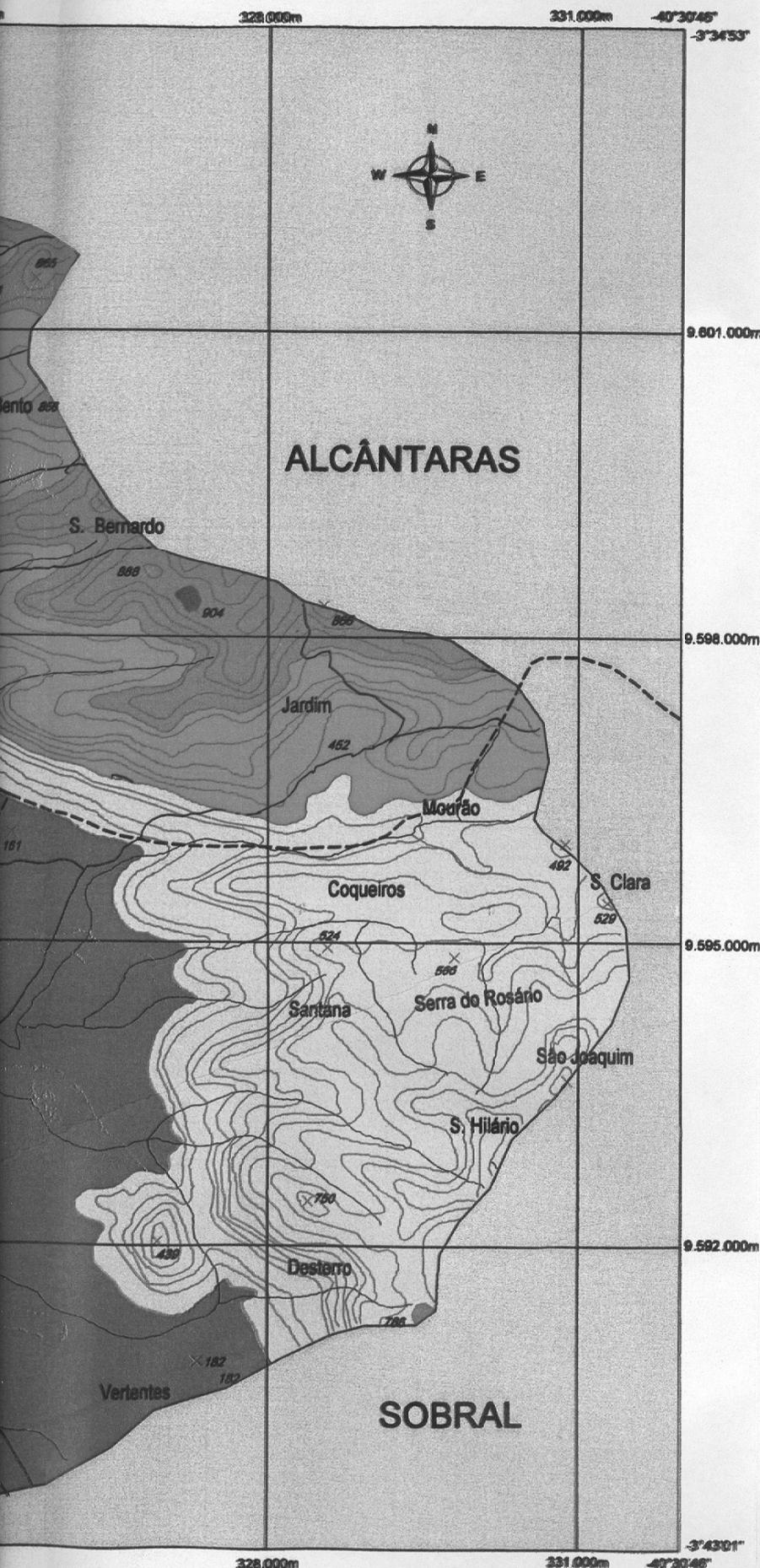
Tal domínio caracteriza-se por áreas planas a relativamente onduladas semi-áridas, com a presença de maciços residuais secos e úmidos e áreas de inundações sazonais, compartimentos topográficos esses que quebram a monotonia da paisagem. Essas feições são resultantes dos velhos processos denudacionais, responsáveis pelas superfícies aplainadas dos sertões, ao longo do Tércio-Quaternário (AB'SABER, 2003).

A depressão sertaneja da bacia do Rio Itacoatiara apresenta como principais maciços residuais a Serra da Meruoca e o Morro das Rolas. A serra da Meruoca-Rosário, localizada no limite leste da bacia é o principal maciço residual úmido cristalino do noroeste cearense, com altitudes que chegam a 990 m de altitude (na bacia atingem 904 m), enquanto que o morro das

Rolas, a oeste, constitui-se como um maciço residual seco que atinge no máximo 187 m de altitude.

Como característica principal de uma depressão, as baixas altitudes entre 70 e 200 m representam quase 60 % da bacia, enquanto apenas 18% encontra-se acima de 500 m de altitude (figura 09), estando as maiores altitudes na porção nordeste da bacia.





AUTOR: Francisco Nataniel Batista de Albuquerque
 ORIENTADOR: Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

**MINERAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL/DESERTIFICAÇÃO
 NA BACIA DO RIO ITACOATIARA NOROESTE DO ESTADO DO CEARÁ**

Figura 09. HIPSOMETRIA

LEGENDA

ALTITUDE (m)	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
901 a 1.134	4,2264	0,05
701 a 900	525,5700	4,01
501 a 700	1.822,2588	13,90
201 a 500	3.045,7575	23,23
0 a 200	7.709,8005	58,81

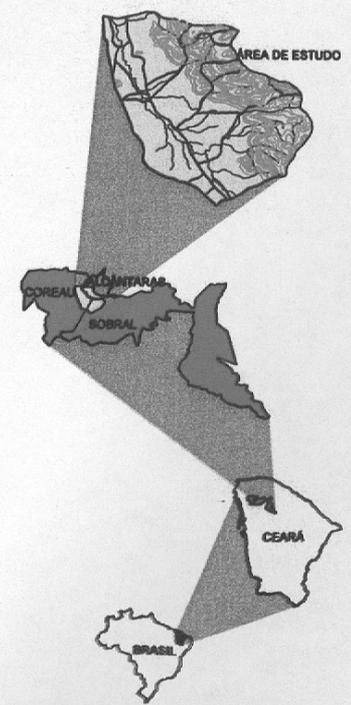
SÍMBOLOS CONVENCIONAIS

- Riacho
- Lagoa
- Açude
- Curvas de Nível
- Estradas

ESCALA: 1:80.000



LOCALIZAÇÃO:



SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSOR DE MERCATOR
 DATUM: SAD - 69 / FUSO - 24 / MC - 38° WGR

FONTE: Imagem de Satélite (Landsat/2002) / Escala: 1:250.000
 SUDENE - 2001 / Escala: 1: 100.000

Organização: Francisco Nataniel Batista de Albuquerque
 Digitalização: Ana Maria Ferreira e Bárbara K. S. Lima

Numa análise do relevo da bacia através de um perfil topográfico no sentido W-E, partindo do morro das Rolas (187 m) até a serra da Meruoca-Rosário (800 m), percebe-se claramente a assimetria da topografia da bacia com altitudes mais elevadas e relevo mais íngreme e escarpado na porção leste e nordeste e mais rebaixada e aplainada na porção oeste, onde se formou a calha fluvial numa altitude 95 m de altitude (figura 10).

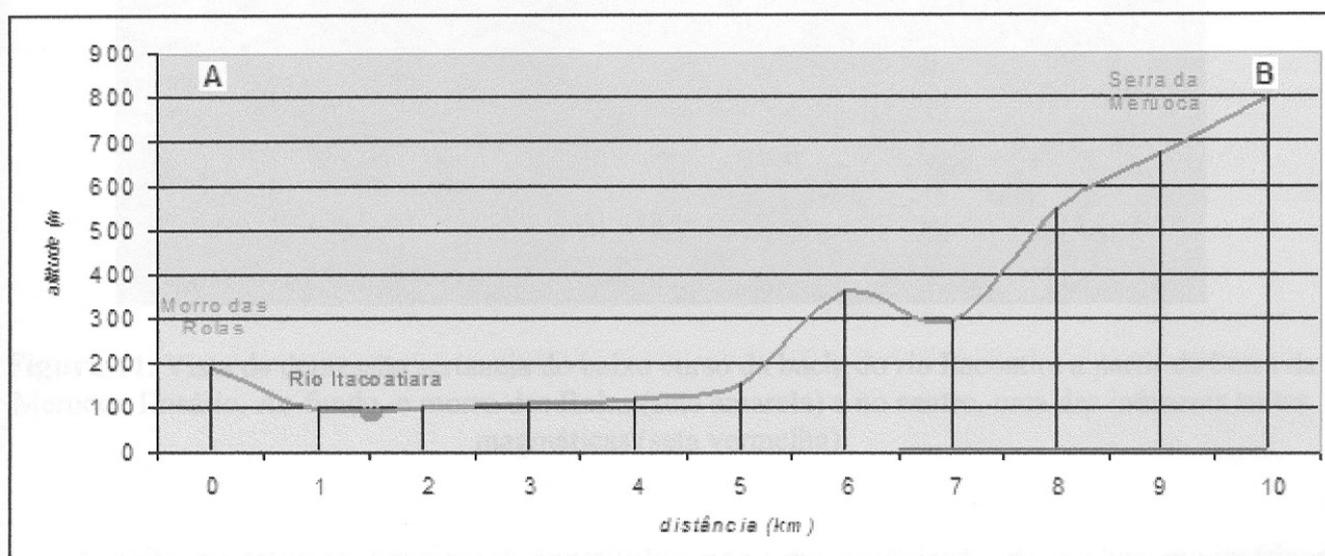


Figura 10. Perfil topográfico WSW-ENE do baixo curso do rio Itacoatiara evidenciando a calha fluvial do rio Itacoatiara entre o morro das Rolas (A) e a serra da Meruoca (B).

Os interflúvios da bacia do rio Itacoatiara apresentam bastantes variações. Na porção oeste, seus interflúvios apresentam topos planos e/ou suavemente convexos, enquanto que, na porção leste, os interflúvios são marcados por topos convexos extremamente aguçados e elevados constituídos pela serra da Meruoca-Rosário. O fundo de seus vales variam de predominantemente aguçados e estreitos na parte superior à planos e mais alargados no médio e baixo curso.

Outras feições geomorfológicas bastante peculiares na bacia do rio Itacoatiara são as inúmeras suítes magmáticas (figura 11). Foram identificadas 7 suítes magmáticas que cortam a bacia na direção E-W e NE-SW, das quais 5 são de grande porte com a presença de matacões, sendo bastante visível às margens da CE-364.

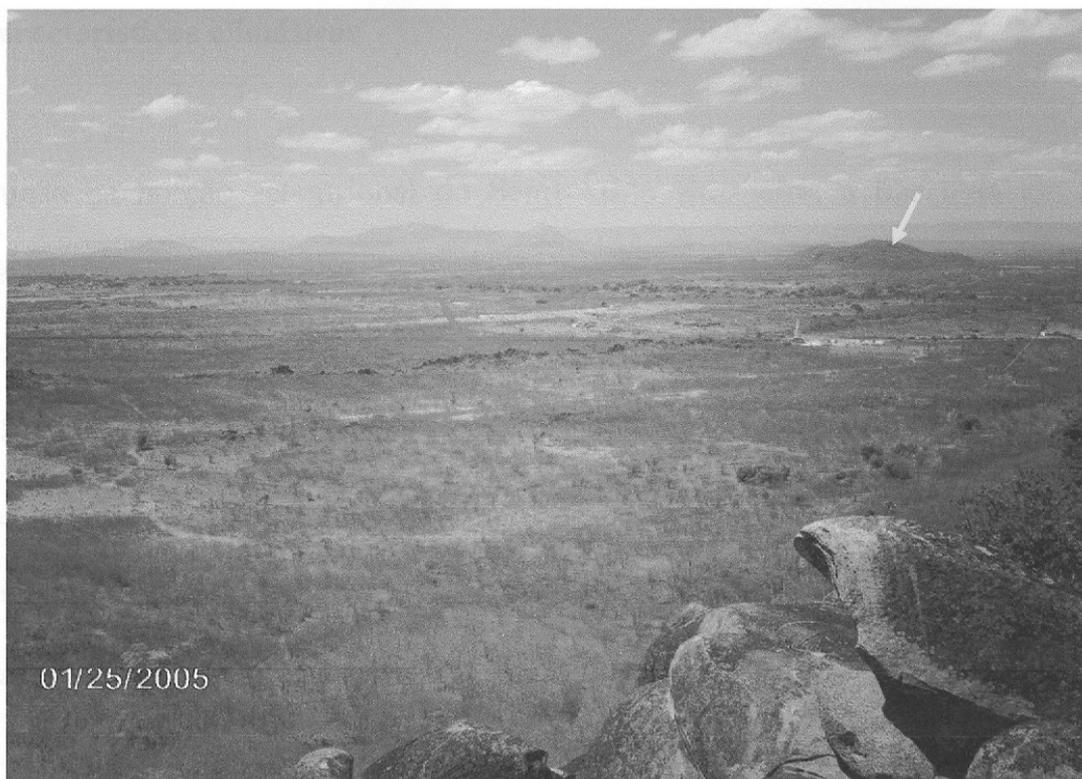


Figura 11. Vista da depressão sertaneja do baixo curso da bacia do rio Itacoatiara a partir da Serra da Meruoca-Rosário. Ao fundo, o morro das Rolas (seta amarela) e no centro, uma das inúmeras suítes magmáticas (seta vermelha).

A suíte magmática Aroeiras é constituída por uma associação de rochas magmáticas sub-vulcânicas que ocorre ao longo da rodovia Aprazível – Coreau, tendo sua concentração máxima no distrito de Aroeiras. Estas rochas constituem enxames de diques lineares cujas espessuras variam desde decimétricas a decamétricas, sendo aqueles de aproximadamente 5 m, os mais freqüentes. Basaltos, quartzo-andesitos, quartzo-dioritos, dacitos, riódacitos, riolitos, álcali-feldspato-riolitos e álcali-feldspato-microgranito são os litotipos encontrados. Os basaltos ocorrem sejam como diques ou como enclaves microgranulares inseridos nos demais litotipos da região (ALMEIDA & ANDRADE FILHO, 1999).

As suítes ressaltam na paisagem sertaneja da bacia como grandes muralhas de rocha provenientes do sopé da Serra da Meruoca-Rosário que cortam a rodovia CE-364 e o rio Itacoatiara desaparecendo aos poucos na Depressão Sertaneja definindo inclusive, a direção de alguns afluentes da bacia em questão.

5.1.3. Características climáticas

Situada na porção setentrional do Semi-Árido Brasileiro, a bacia do rio Itacoatiara enquadra-se no Clima Tropical Semi-Árido, onde o regime de chuvas é extremamente concentrado no tempo e no espaço.

A bacia do rio Itacoatiara segundo o PAN Brasil (BRASIL.MMA, 2004) enquadra-se numa faixa climática transicional entre as terras semi-áridas (município de Sobral) e sub-úmidas secas (municípios de Alcântaras e Coreaú), tendo em vista que à medida que se aproxima do litoral e do planalto da Ibiapaba, as condições pluviométricas melhoram bastante.

O clima foi caracterizado utilizando como parâmetros, a precipitação entre os anos de 2003 a 2007 (últimos 5 anos) (gráficos 01 a 07) e o índice de aridez médio (1975-2002) fornecidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME.

O órgão conta com uma rede de pluviômetros em todo o Estado do Ceará. Na bacia em estudo existe apenas um pluviômetro, mas outros 04 localizados próximos e em pontos estratégicos foram selecionados para coleta de dados de precipitação. Os mesmos estão situados nos municípios de Coreaú, Alcântaras e Sobral.

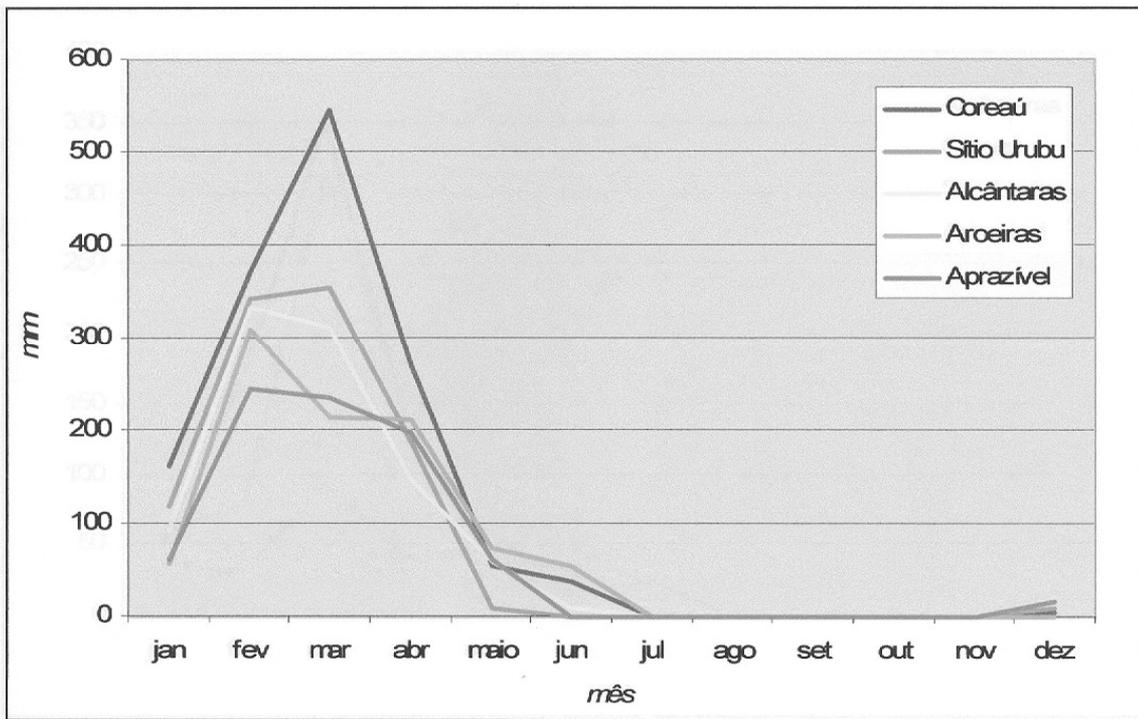


Gráfico 01. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 2003 (FUNCEME, 2008).

Obs.: Os dados pluviométricos do ponto Aroeiras não foram coletados neste ano.

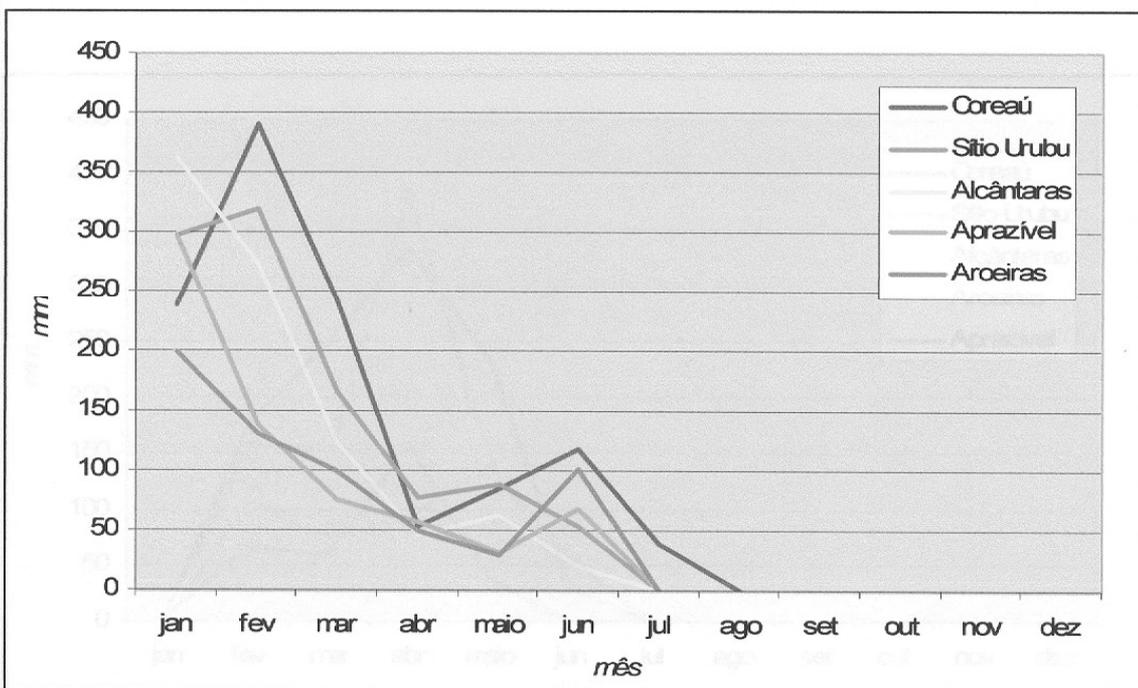


Gráfico 02. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 2004 (FUNCEME, 2008).

Gráfico 04. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara - 2006 (FUNCEME, 2008).

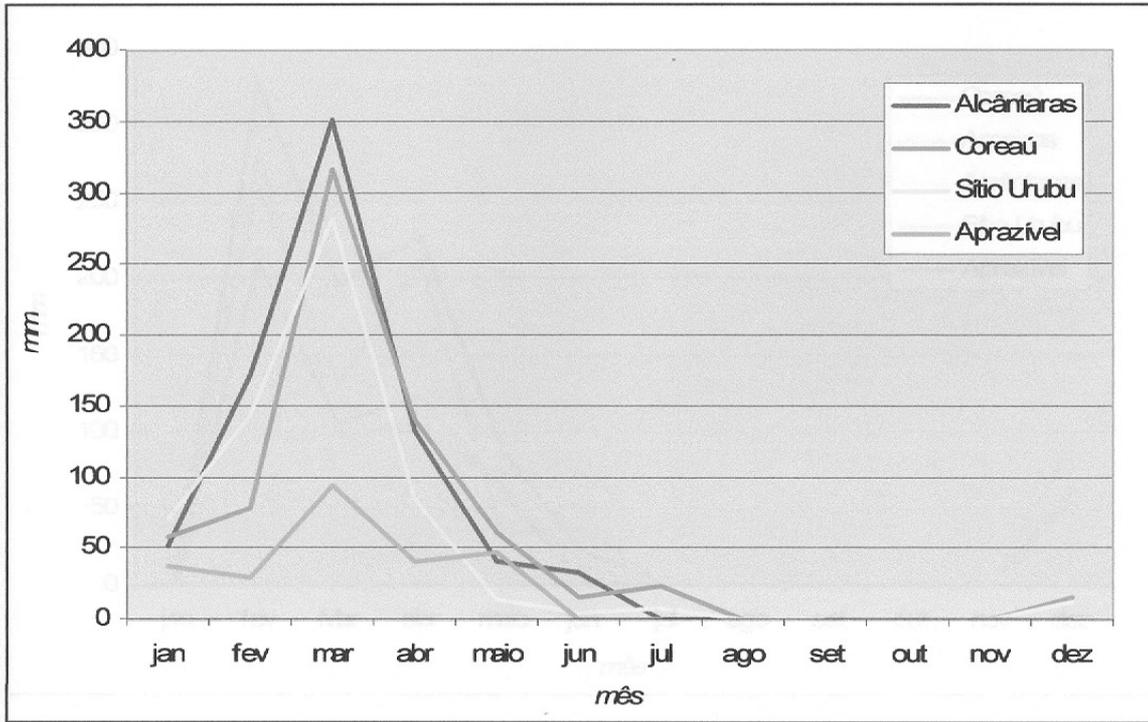


Gráfico 03. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 2005 (FUNCEME, 2008).

Obs.: Os dados pluviométricos do posto Aroeiras não foram coletados neste ano.

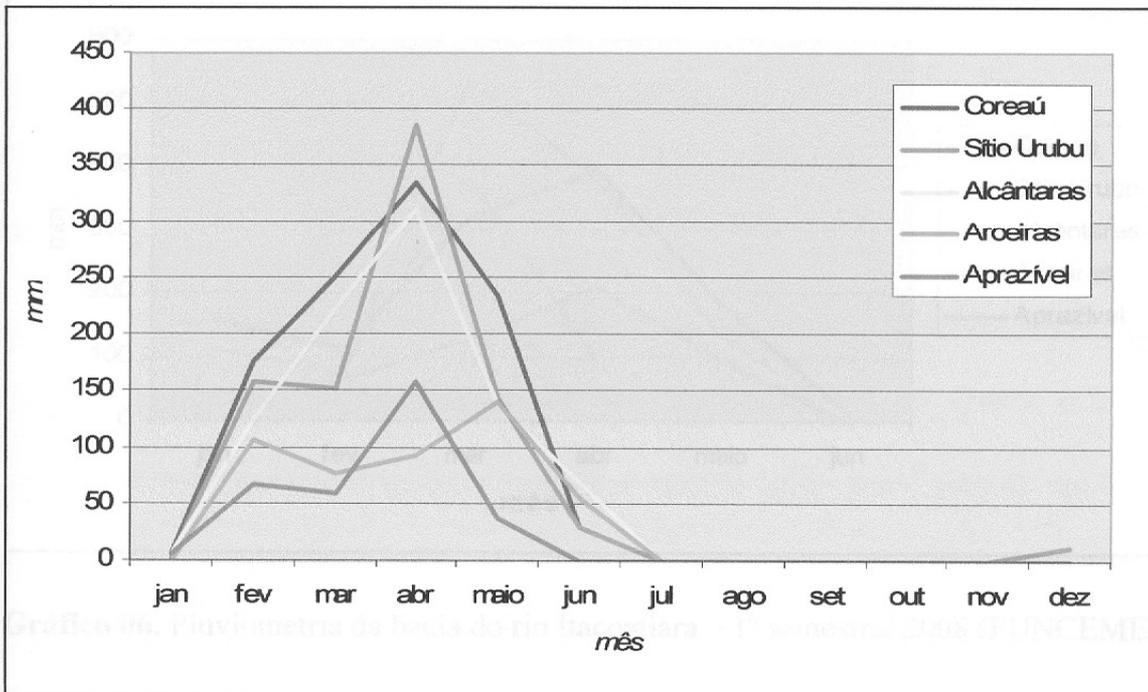


Gráfico 04. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 2006 (FUNCEME, 2008).

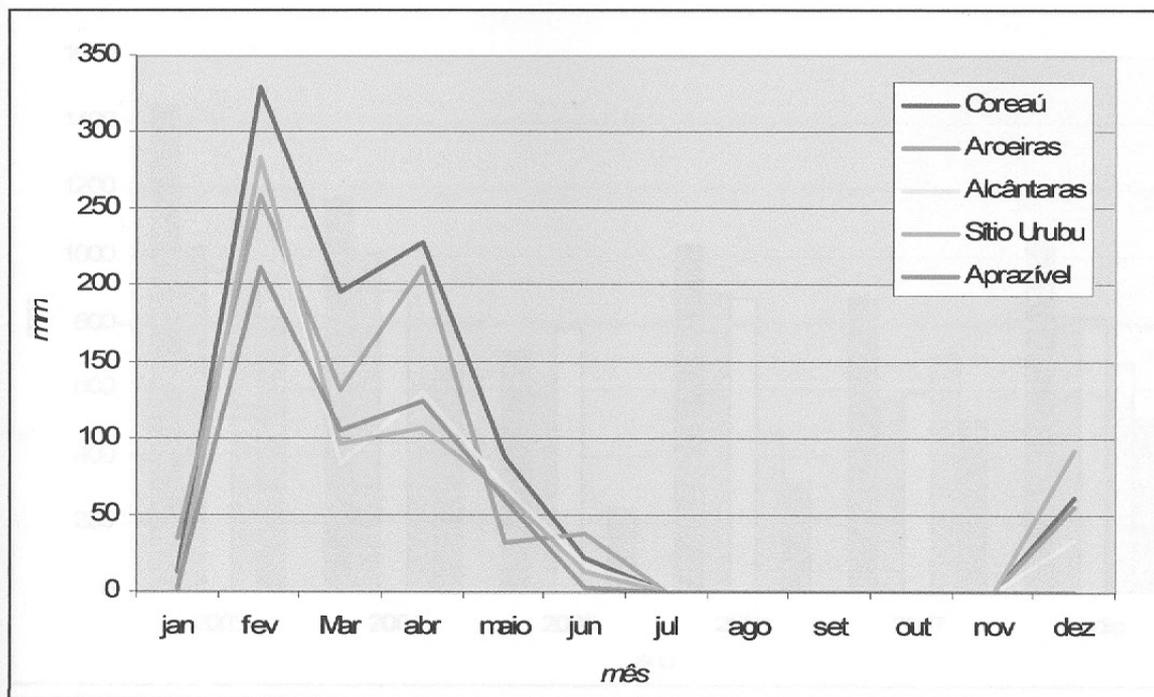


Gráfico 05. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 2007 (FUNCEME, 2008).

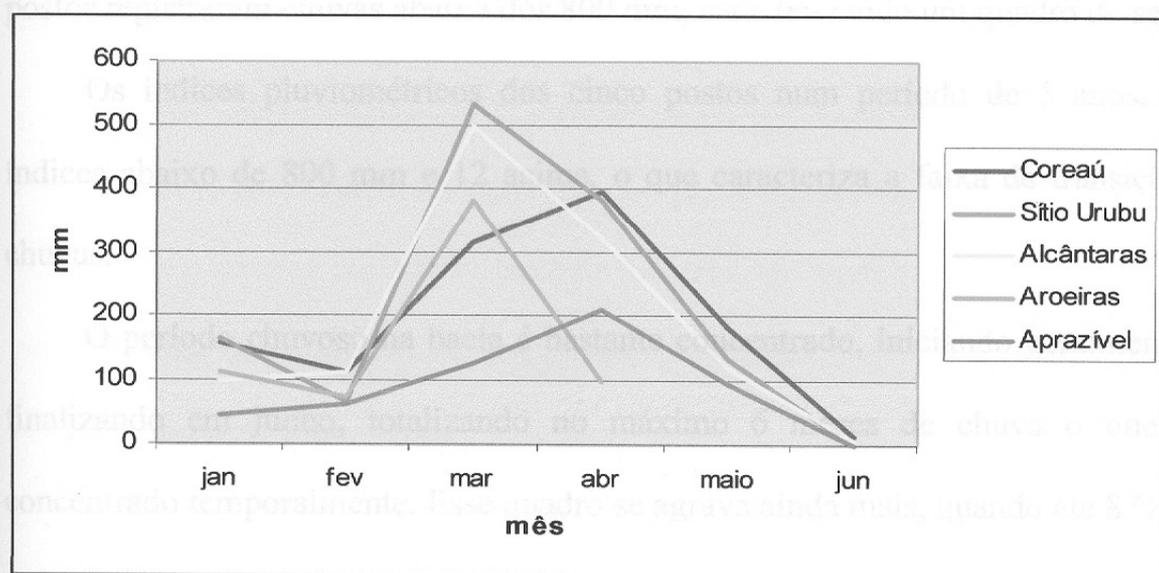


Gráfico 06. Pluviometria da bacia do rio Itacoatiara – 1º semestre/ 2008 (FUNCEME, 2008).

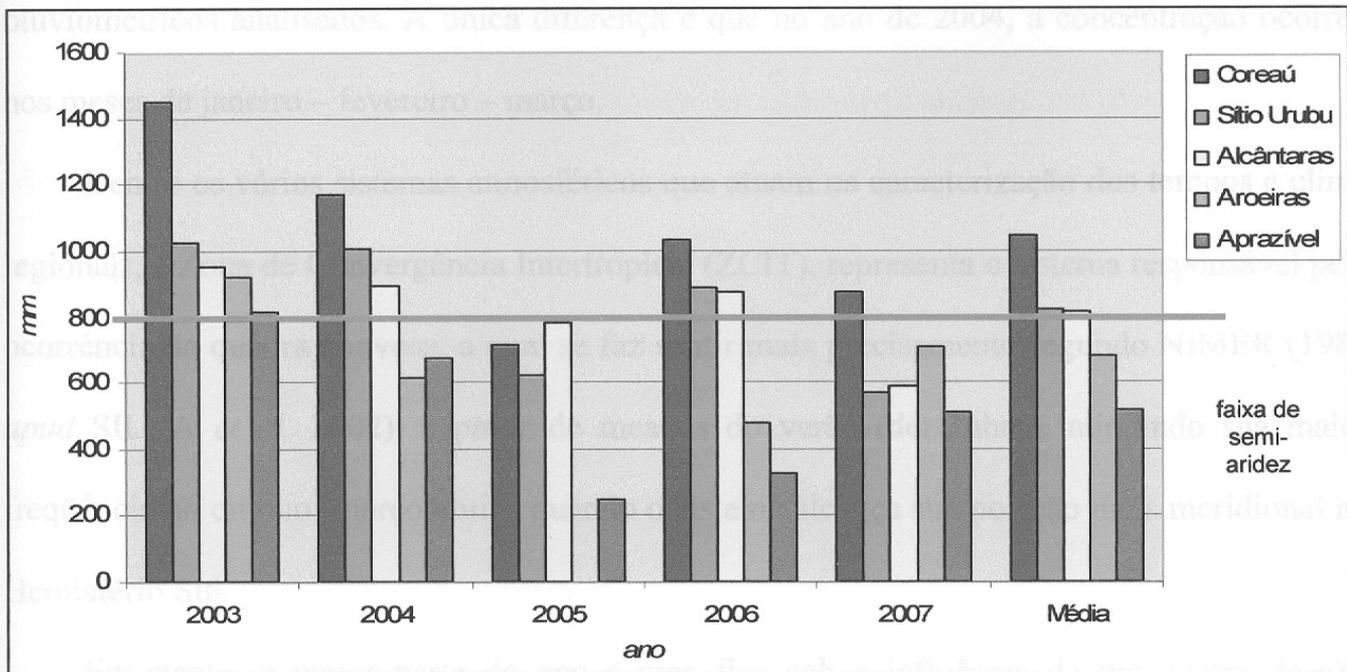


Gráfico 07. Média pluviométrica dos últimos cinco anos (2003-2007) na bacia do rio Itacoatiara, evidenciando abaixo de 800 mm a faixa de semi-aridez.

O ano mais chuvoso foi o de 2003 onde todos os postos registraram chuvas acima de 800 mm, acima da zona de semi-aridez. Já o ano de 2005 foi o mais seco, onde todos os postos registraram chuvas abaixo dos 800 mm, caracterizando um quadro de semi-aridez.

Os índices pluviométricos dos cinco postos num período de 5 anos, registraram 13 índices abaixo de 800 mm e 12 acima, o que caracteriza a faixa de transição no índice de chuvas.

O período chuvoso na bacia é bastante concentrado, iniciando geralmente em janeiro e finalizando em junho, totalizando no máximo 6 meses de chuva o que já é bastante concentrado temporalmente. Esse quadro se agrava ainda mais, quando até 87% das chuvas de todo o ano ocorrem em apenas um trimestre, geralmente, fevereiro – março – abril, ou seja, final do verão e início de outono no Hemisfério Sul o que gera sérios problemas de déficit hídrico para as atividades humanas e vegetais.

Os anos de 2003, 2004 e 2007, por exemplo, registraram uma concentração acima de 70% dos eventos chuvosos, apenas nos 3 meses acima citados em todos os postos

pluviométricos analisados. A única diferença é que no ano de 2004, a concentração ocorreu nos meses de janeiro – fevereiro – março.

Dentre os vários sistemas atmosféricos que atuam na caracterização dos tempos e clima regionais, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), representa o sistema responsável pela ocorrência da quadra chuvosa, a qual se faz sentir mais precisamente segundo NIMER (1989 *apud* SILVA *et al*, 2002), a partir de meados do verão (dezembro), atingindo sua maior frequência no outono (março/abril), quando o sistema alcança sua posição mais meridional no Hemisfério Sul.

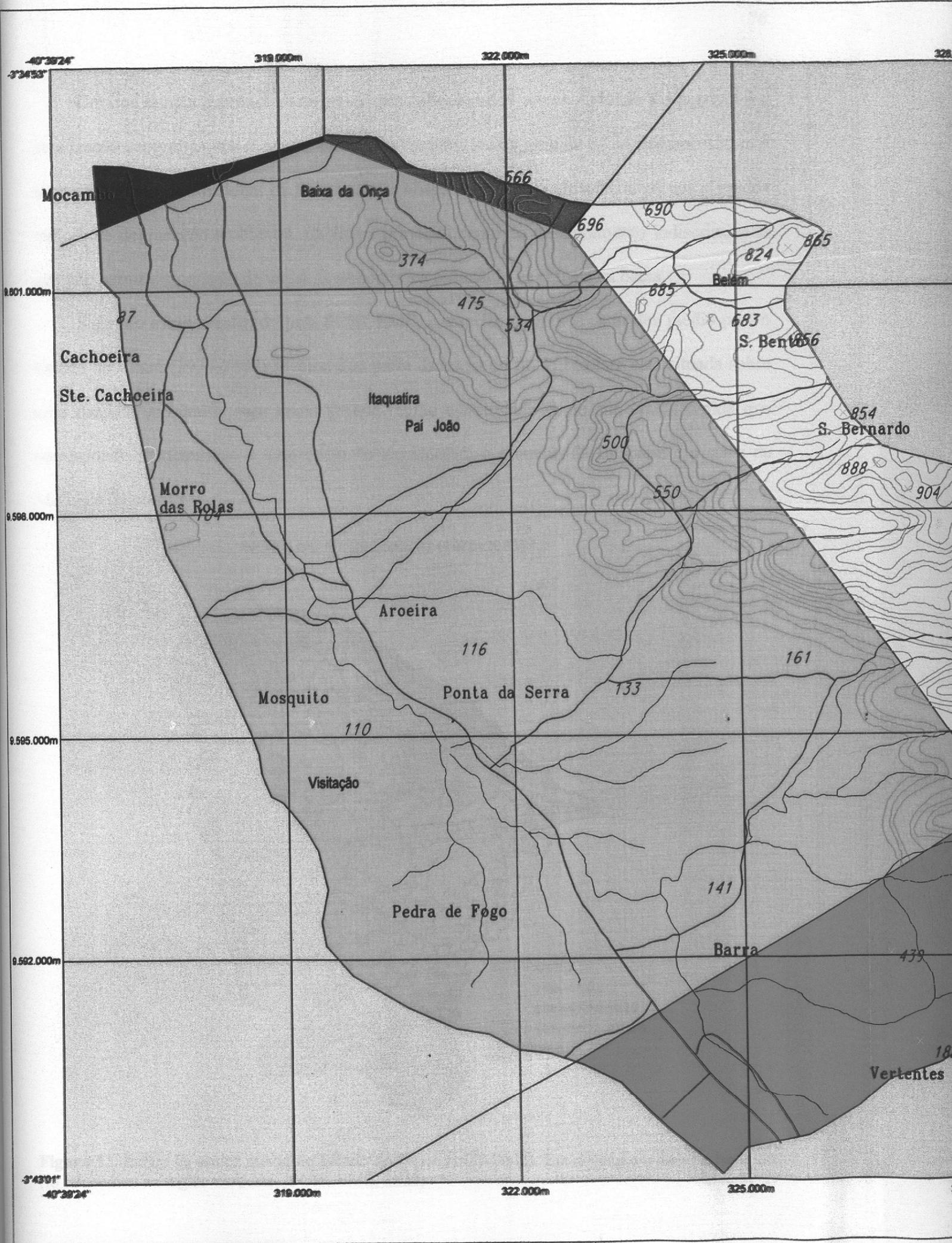
Entretanto, a maior parte do ano a área fica sob a influência de um centro de alta pressão, denominado Anticiclone do Atlântico Sul (SILVA *et al.*, 2002), responsável pela estabilidade do tempo, caracterizando os meses de estiagem prolongada. Neste período, a quantidade de água armazenada nos reservatórios diminui consideravelmente, chegando à maioria a secar prejudicando o abastecimento da pesca e o abastecimento de água para o homem e animais.

O índice pluviométrico mais elevado na bacia foi registrado em 2003 no posto Coreaú, 1.447 mm, e o mais baixo foi registrado no posto Aprazível em 2005, apenas 251 mm. Já o maior índice mensal registrado também ocorreu em março de 2003, 544,8 mm de chuva, volume maior que o total anual dos postos de Aroeiras nos anos de 2005 e 2006 e, Aprazível nos anos de 2005, 2006 e 2007.

A média pluviométrica dos postos pluviométricos de Aroeiras e Aprazível durante esses 5 anos são respectivamente, 65% e 49% das registradas pelo posto de Coreaú, o que registrou a maior média. Com exceção do ano de 2003, nenhum desses dois postos registrou chuvas anuais acima de 800 mm caracterizando um ambiente semi-árido.

Através da análise do mapa de precipitação média anual (figura 12) percebe-se claramente os baixos índices pluviométricos registrado nos postos Aprazível e Aroeiras,

ambos localizados em altitudes baixas e a sotavento de um maciço residual bastante alto, enquanto que os índices pluviométricos aumentam consideravelmente no baixo curso do rio Itacoatiara, porção norte da bacia. As chuvas registradas nos terrenos de maior altitude na bacia são consideradas baixas para uma área serrana, devido esta porção da serra da Meruoca-Rosário corresponder a sua vertente a sotavento.



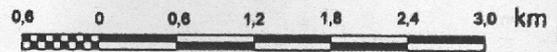
AUTOR: Francisco Nataliel Batista de Albuquerque
 ORIENTADOR: Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

MINERAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL/DESERTIFICAÇÃO
 NA BACIA DO RIO ITACOATIARA NOROESTE DO ESTADO DO CEARÁ.

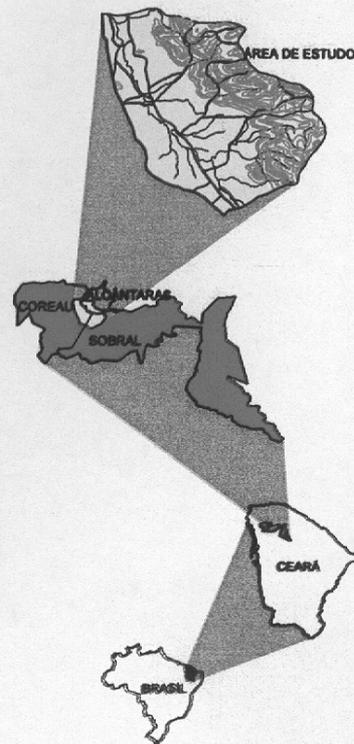
MAPA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA
 DA BACIA
 DO RIO ITACOATIARA - 2003 A 2008

Figura 12.

Postos Pluviométricos	Precipitação (mm)
Aprezível	520mm
Aroeiras	700mm
Alcântaras	880mm
Sítio Urubu	910mm
Coqueiros	1080mm

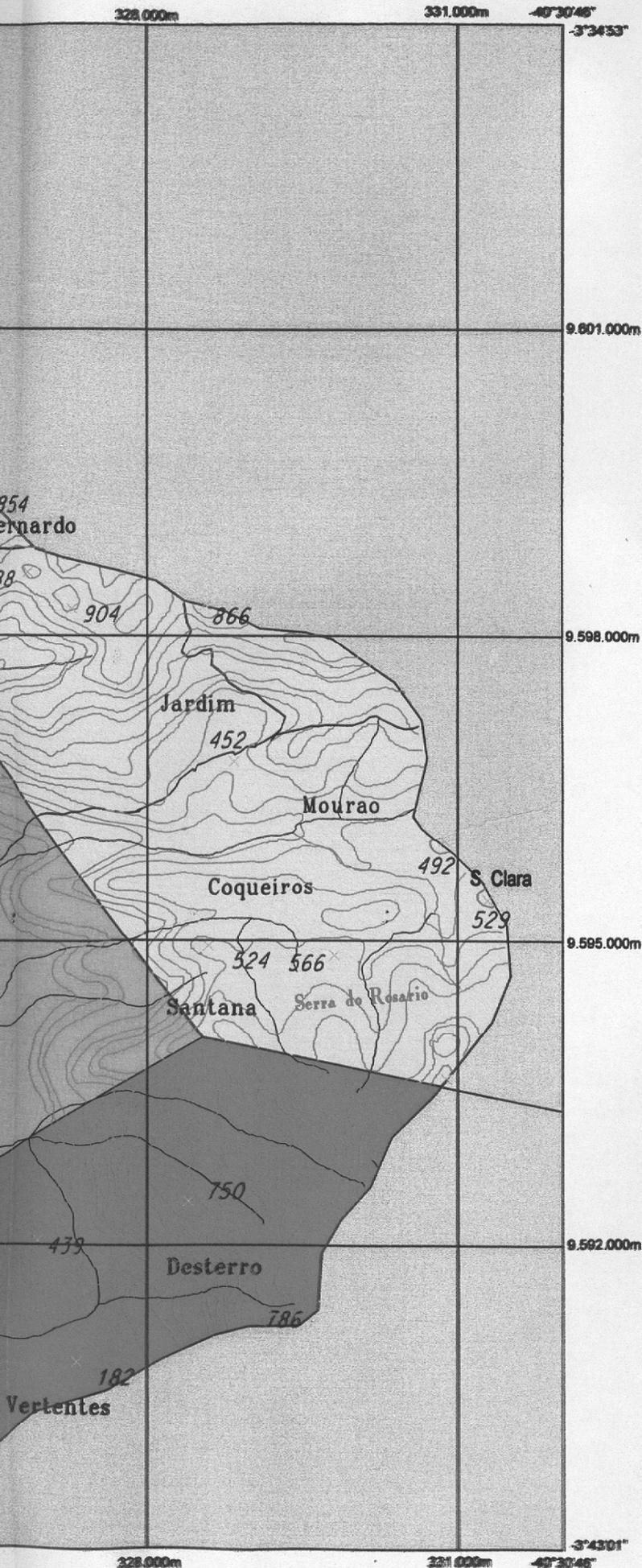


LOCALIZAÇÃO:



SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSOR DE MERCATOR
 DATUM: SAD - 69 / FUSO - 24 / MC - 39° WGr
 FONTE: Imagem de Satélite (Landsat(2002) /Escala: 1:250.000
 SUDENE - 2001 / Escala: 1: 100.000

Organização: Francisco Nataliel Batista de Albuquerque
 Digitalização: Ana Maria Ferreira e Bárbara K. S. Lima



Um dos fatores que explica as baixas precipitações dos postos Aroeiras e Aprazível é a localização geográfica dos mesmos, pois estão situados a uma altitude de no máximo 150 m a sotavento do maciço residual da Meruoca que chega a 990 m de altitude, além dos elevados índices de degradação ambiental, na figura principalmente do desmatamento indiscriminado que não permite a geração de umidade atmosférica reduzindo as chuvas na bacia.

Segundo estudo realizado pela FUNCEME, a respeito do índice de aridez médio para o Estado do Ceará (1975-2002) revelou que parte da bacia do rio Itacoatiara está situada sobre uma mancha sub-úmida seca numa grande região classificada como sub-úmida úmida que corresponde praticamente a toda bacia do rio Coreaú, o planalto da Ibiapaba e a serra da Meruoca (figura 13).

INDICE DE ARIDEZ MEDIO (1975-2002)

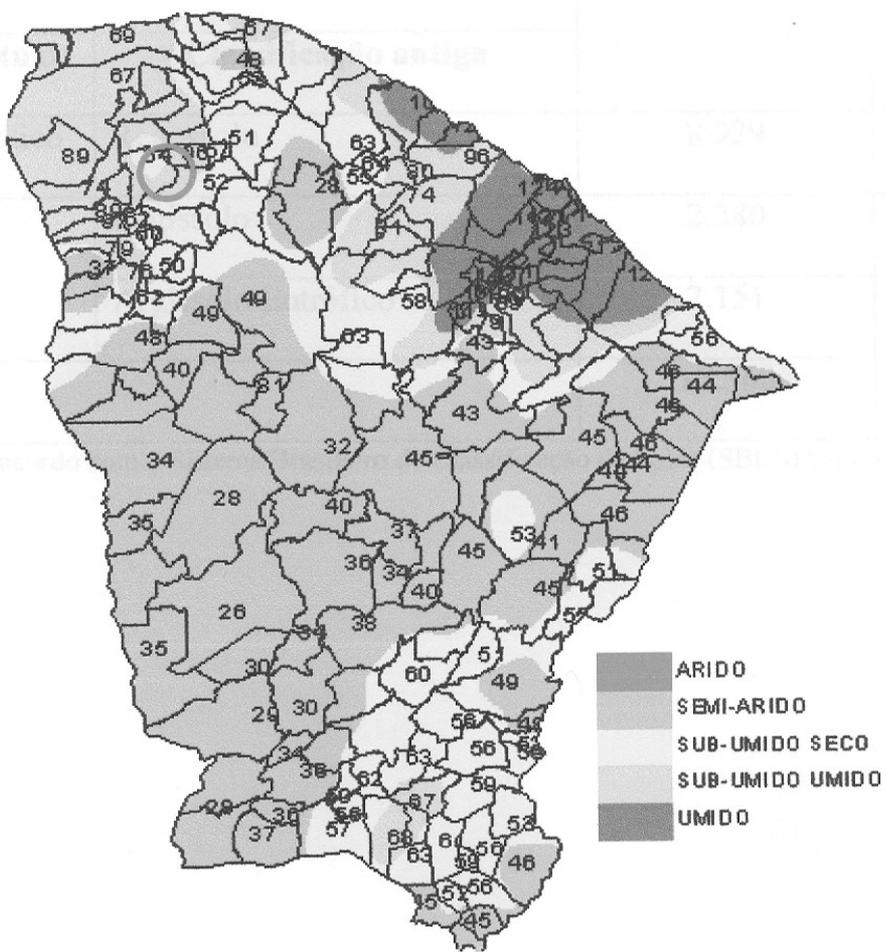


Figura 13. Índice de aridez médio do Estado do Ceará (1975-2002). Em destaque a área da bacia do rio Itacoatiara na região noroeste. (FUNCEME, 2008).

5.1.4. Classes de Solos

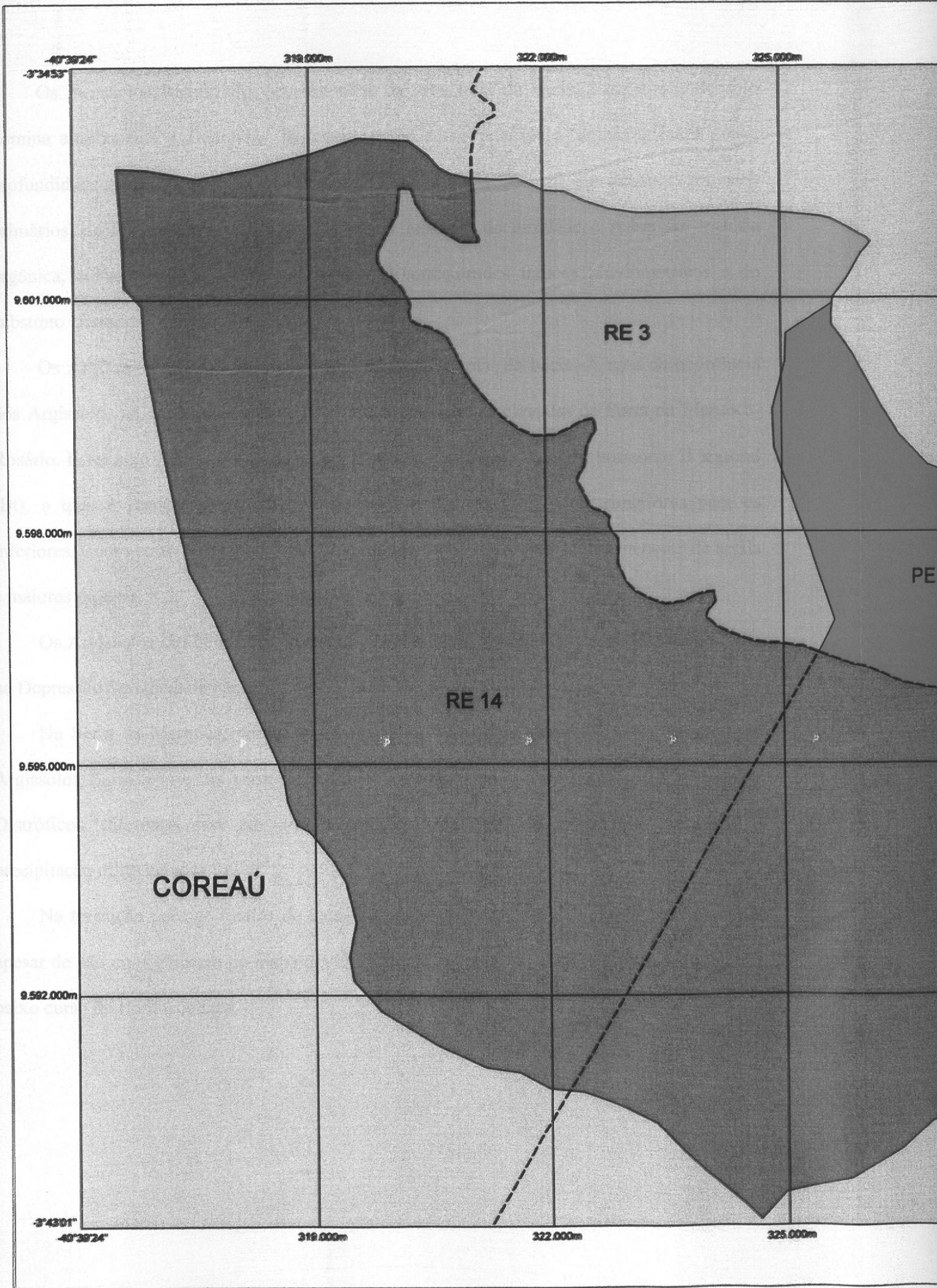
A análise da cobertura pedológica da bacia do rio Itacoatiara é comprometida pela inexistência de mapeamentos em nível de semidetalhe ou detalhe para a região. O trabalho de maior detalhe já realizado foi o levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará da década de 1970, realizado pela EMBRAPA/SUDENE (1973) na escala 1:200.000.

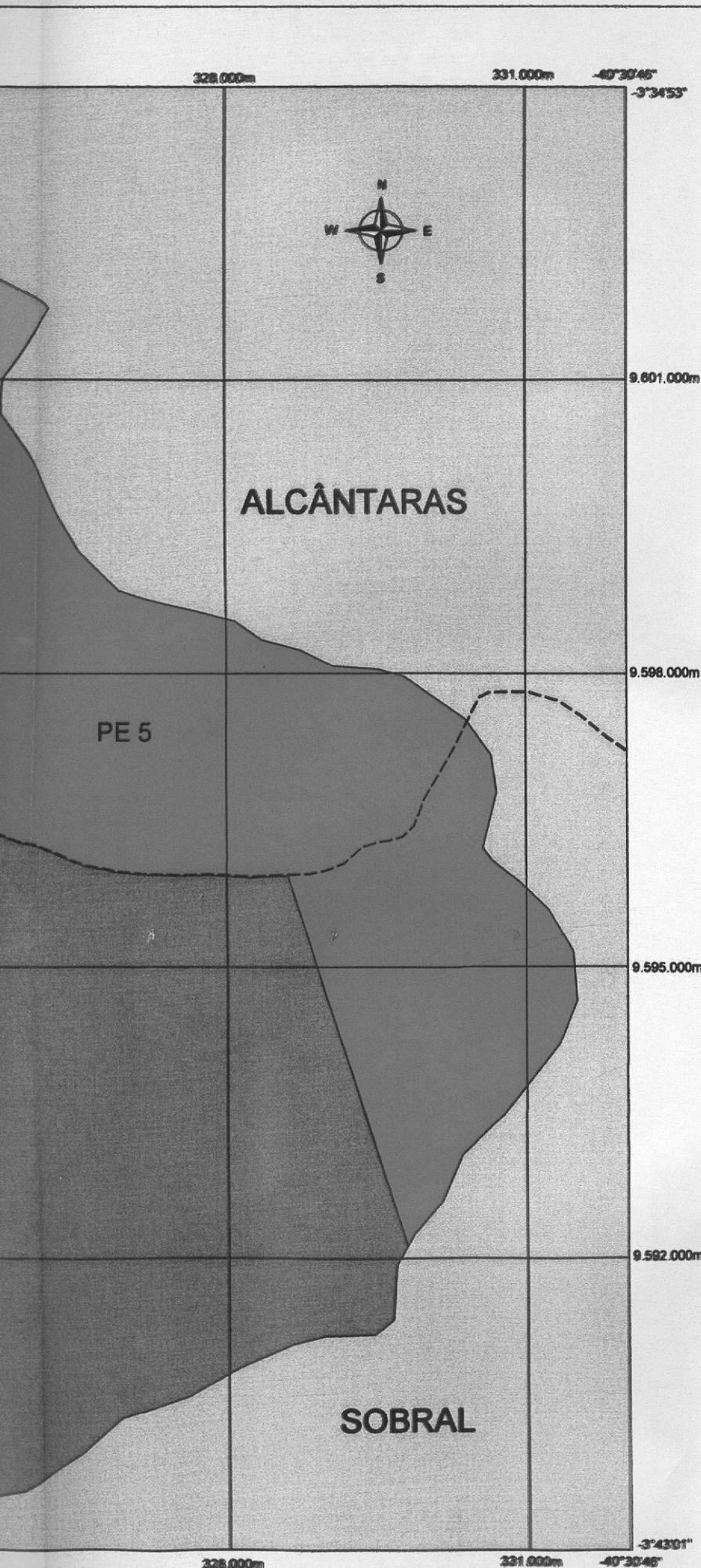
Nesse nível de detalhamento e tipo de delimitação foram identificadas duas classes de solo: Neossolo Regolítico e Argissolo (tabela 06; figura 14).

Tabela 06. Classes de solo da bacia do rio Itacoatiara.

Classe de Solo		Área (ha)	Área (%)
Classificação atual*	Classificação antiga		
Neossolo Regolítico	Regossolo	8.929	66,8
Argissolo	Argissolo	2.280	17,1
	Argissolo Eutrófico	2.151	16,1
Total		13.360	100

* Classificação de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS) para o 1º nível categórico.





UFRJ



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA - CCNM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG



AUTOR: Francisco Nataniel Batista de Albuquerque
ORIENTADOR: Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

MINERAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL/DESERTIFICAÇÃO
NA BACIA DO RIO ITACOATIARA NOROESTE DO ESTADO DO CEARÁ

Figura 14.

SOLOS

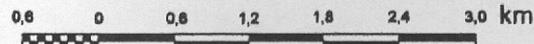
LEGENDA:

TIPO DE SOLO	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
RE 3 Podzóico vermelho amarelo (PV)	2.28,0340	15,47
PE 5 Podzóico vermelho amarelo equivalente eutrófico(PE)	8.928,9948	68,12
RE 14 Regossolos	2.150,6132	16,41

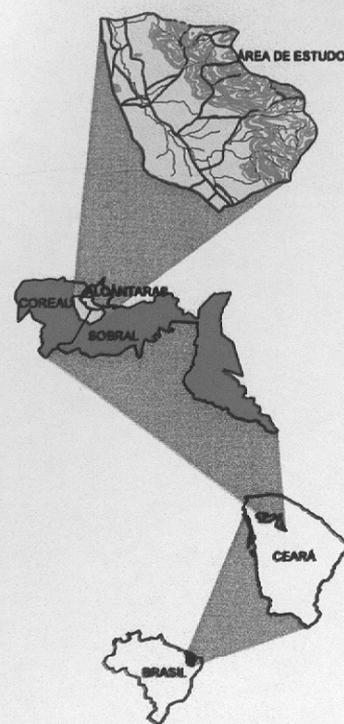
SÍMBOLOS CONVENCIONAIS

- Riacho
- Lagoa
- Açude
- Curvas de Nível
- Estradas

ESCALA: 1:80.000



LOCALIZAÇÃO:



SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSOR DE MERCATOR
DATUM: SAD - 69 / FUSO - 24 / MC - 39° WGr

FONTE: Imagem de Satélite (Landsat/2002) /Escala: 1:250.000
SUDENE - 2001 /Escala: 1: 100.000

Organização: Francisco Nataniel Batista de Albuquerque
Digitalização: Ana Maria Faria e Bárbara K. S. Lima

Os Neossolos Regolíticos ocupam 67% da área total da bacia. Essa classe de solo domina amplamente a Depressão Sertaneja, tendo como principais características a pouca profundidade e, muitas vezes, cascalhentos. Estes são solos "jovens" que possuem minerais primários, de textura arenosa/cascalhenta, baixa retenção de umidade e pobre em matéria orgânica, conseqüência em parte dos baixos e concentrados índices pluviométricos e do substrato cristalino desse setor da bacia.

Os Argissolos, por sua vez, ocupam 33% da área total da bacia. A área de ocorrência dos Argissolos na bacia corresponde às altitudes medianas e elevadas da Serra da Meruoca-Rosário. Estes solos têm como característica principal a presença de um horizonte B textural (Bt), o qual é formado pela movimentação de argila dos horizontes superiores para os inferiores. Como conseqüência, os horizontes acima do Bt ficam com teores menores de argila e maiores de areia.

Os Argissolos são bem mais profundos e mais férteis do que os Regossolos dominantes na Depressão Sertaneja da bacia.

Na Serra da Meruoca, porção mais úmida da Serra da Meruoca-Rosário, ocorrem os Argissolos Eutróficos e, na serra do Rosário, vertente a sotavento, ocorrem os Argissolos Distróficos, diferença essa em decorrência das condições de temperatura, umidade e precipitação diferenciadas.

Na transição para os fundos de vales há maior ocorrência de Neossolos Flúvicos que, apesar de não configurarem no mapa devido a escala, formam uma estreita faixa ao longo do baixo curso do rio Itacoatiara.

5.1.5. Unidades Fitoecológicas

A fisionomia, o porte das plantas, a frequência e a composição florística são diretamente subordinadas às configurações do relevo, aos índices pluviométricos e as potencialidades e disponibilidades hídricas dos solos (SOUZA, 2006).

A bacia do rio Itacoatiara conta com quatro unidades fitoecológicas. Com base na classificação do Iplance (1989), o perfil traçado do topo da Serra da Meruoca-Rosário até a calha do rio Itacoatiara, temos:

- Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (mata úmida, serrana);
- Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (mata seca);
- Caatinga Arbustiva Aberta;
- Floresta Mista Dicótilo-Palmaceae (mata ciliar com carnaúba).

A Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular ocorrem nas mais elevadas altitudes da bacia, as quais são registradas no setor leste, mais exatamente nas atitudes próximas a 1.000 m da serra da Meruoca-Rosário. Essa unidade fitoecológica caracteriza-se por espécies arbóreas que necessitam de maiores índices pluviométricos, maior umidade e solos mais profundos, caracterizando num dos principais fragmentos de Mata Atlântica do Estado do Ceará localizado no noroeste cearense: a Serra da Meruoca-Rosário e a Chapada da Ibiapaba (tabela 07).

Tabela 07. Fragmentos de vegetação de Mata Atlântica e Ecossistemas Associados no Estado do Ceará.

Regiões de mapeamento	Tipologia de vegetação	Área de vegetação (ha)	Total de vegetação (ha)	Total de vegetação (%)
Litoral	Manguezal	17.113,76	91.632,97	48,93
	Restinga	74.519,21		
Chapada do Araripe	Mata Úmida	4.485,00	39.782,28	21,24
	Cerradão	35.297,28		
Chapada da Ibiapaba	Mata Úmida	25.893,22	25.893,22	13,83
Serra de Baturité	Mata Úmida	20.567,47	20.567,47	10,98
Serra da Aratanha	Mata Úmida	4.251,25	4.251,25	2,27
Serra da Meruoca	Mata Úmida	3.205,99	3.205,99	1,71
Serra de Maranguape	Mata Úmida	1.471,64	1.471,64	0,79
Serra de Uruburetma	Mata Úmida	388,09	388,09	0,21
Serra do Machado	Mata Úmida	72,21	72,21	0,04
Serra das Matas	Mata Úmida	21,29	21,29	0,01
Total Geral		187.286,41	187.286,41	100,00

Fonte: SNE (2002).

Em altitudes imediatamente inferiores, concentra-se a Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial, conhecida como mata seca. Caracteriza-se por ser a transição entre a mata úmida das elevadas altitudes e a caatinga da depressão Sertaneja. Por conta disso, conta com espécies vegetais arbóreas típicas das duas formações anteriores.

Na depressão Sertaneja, onde as temperaturas elevam-se e as precipitações e profundidade dos solos diminuem, encontra-se a Caatinga Arbórea Aberta, marcada por espécies arbóreas e arbustivas, na sua grande maioria caducifólia, estratégia essa desenvolvida para armazenar nutrientes e umidade durante a estiagem climática. A Caatinga, nas suas diversas fisionomias, corresponde a maior ocorrência no Estado, chegando a 46% (IPECE, 2008).

Nas baixas altitudes da Depressão Sertaneja, as áreas de exceção ficam circunscritas além dos enclaves de matas das serras úmidas (como é o caso da Serra da Meruoca-Rosário), às matas ciliares que revestem a estreita faixa formada pela planície fluvial do rio Itacoatiara, principalmente no seu baixo curso, tendo como principal espécie vegetal, a carnaúba (*Copernicia cerifera*), além de outras como a Oiticica e o Mulungu. Essa unidade fitoecológica é denominada pelo IPLANCE (1989) de Floresta Mista Dicótilo-Palmaceae (mata ciliar com carnaúba) e por Fernandes (1990) de Vegetação de Várzea.

5.2. HISTÓRICO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO RIO ITACOATIARA

A história de ocupação da bacia do rio Itacoatiara divide-se nitidamente em três fases distintas. A primeira fase diz respeito ao início da ocupação mediante doação de sesmarias e a criação de animais como principal atividade econômica, no início do século XVIII até o final do século XIX. A segunda fase se caracteriza pela exploração da carnaúba e o cultivo do algodão, no final do século XIX e início da segunda metade do século XVIII. A terceira fase é marcada pela decadência econômica do extrativismo vegetal e conseqüente instalação da fábrica de cimento do grupo Votorantim, nas imediações da bacia, na década de 1960 e a intensificação da extração madeireira para alimentar os fornos das caieiras.

Desde os tempos mais remotos da história a posse do rio Coreaú é disputada por tribos indígenas advindas do planalto da Ibiapaba (Tabajaras), da serra da Meruoca-Rosário (Arariús) e do litoral (Aconguaçus), as quais se espalhavam pelo imenso vale neste sertão (PILDAS, 2003). Prova disso, podem ser as diversas inscrições rupestres registradas em lajedos na margem direita do rio Itacoatiara, na localidade denominada Cachoeira.

Para os grandes historiadores cearenses, o povoamento da região pode ter iniciado de fato nos primeiros anos do século XVIII, como na maior parte do Semi-Árido Brasileiro devido a promulgação da Carta Régia em 1700, a qual proibia a criação de gado no litoral.

Segundo Fontenele (1981 *apud* Pildas, 2003), o capitão Rodrigo da Costa Araújo chegou à ribeira do Coreaú, em 1700 e, no dia 20 de janeiro de 1702, mediante data e sesmaria que lhe fora concedida, tornava-se senhor de três léguas de terras no “riacho que chamam Coroassu (*rio Coreaú*) e Cabeceiras do Boqueirão da serra (*Meruoca*) em que moram os índios da nação Arariús...”. Em 18 de janeiro de 1744, o capitão recebe sua segunda data e sesmaria, nas “cabeceiras do riacho da Timbaúba que desce da serra da Meruoca”. (PILDAS, 2003, p. 48).

Confirmando a temporalidade dessa ocupação, em “30 de março de 1705, é concedida, pelo capitão-mor João da Mota, uma data e sesmaria ao tenente Manuel Dias de Carvalho e Félix Coelho, entre o rio Coreaú e o riacho das Rolas” (PILDAS, 2003, p. 40). O riacho das Rolas a que se refere a citação é o rio Itacoatiara.

Essa assertiva, leva nos a certeza de que os primeiros povoamentos na região se deram ao longo do rio Coreaú e do rio Itacoatiara, através das léguas de terras concedidas tendo como objetivo principal a criação de *gados vacuns e cavalares*.

A criação de animais desenvolveu-se justamente as margens do rio pela formação de pastagens naturais na planície fluvial e pela oferta de água, tão necessária no contexto semi-árido. Como consequência da atividade, as matas ciliares foram derrubadas para dar lugar a

pastagem e acesso dos animais ao rio, o que levou a formação de ravinas no caminho feito pelo gado.

Aliada a criação de animais, logo se destacou a atividade econômica desenvolvida em torno da carnaúba, árvore denominada por Alexander von Humboldt como a “árvore da vida”, pois dela se aproveita o tronco, a palha e a cera. Até o município de Coreaú, teve como topônimo anterior, Palma, nome ligado à fisionomia botânica da várzea, densamente coberta das palmas multífidas da carnaúba, de tanta prestimosidade na vida da população rural (BRAGA, 1967 *apud* PILDAS, 2003).

A abundância dessa espécie vegetal nas margens do rio Itacoatiara se deve a sua adaptação a áreas baixas de maior retenção de umidade no solo, o que na bacia corresponde principalmente ao setor C.

O primeiro registro sobre a carnaúba foi feito em 1648, por Maregravius e Piso e, posteriormente, ratificado por R. Müller, em 1768, quando relatou as primeiras experiências para obter cera para ser usada como vela. Em 1894 ocorreu a primeira exportação de cera de carnaúba para a Inglaterra pelo Porto de Parnaíba, no Piauí.

Vale ressaltar que um dos maiores projetos de infra-estrutura da região, a estrada de ferro Sobral-Camocim (sertão-litoral) que iria cortar a bacia do rio Itacoatiara basicamente no mesmo traçado da atual CE-364 (sotavento da Serra da Meruoca-Rosário) foi desviada por interferências políticas para a vertente oposta, passando pela cidade de Massapê, época em que as ferrovias eram o principal meio de comunicação e escoavam a produção agrícola do interior do Estado.

O “boom” do ciclo da carnaúba se verificou durante a II Guerra Mundial, período em que a cera de carnaúba constituiu um produto muito valorizado, ocupando em termo de importância econômico e social o primeiro lugar na pauta de exportação do Estado do Ceará.

Logo após atingir o auge na pauta de exportação, a atividade assiste ao declínio econômico no final dos anos 40 e início dos anos 50, pela concorrência desleal das ceras sintéticas e polímeros, aliada a falta de financiamento e modernização da cultura da carnaúba, o que refletiu (e reflete) na baixa produtividade e aproveitamento industrial.

O pó cerífero utilizado para a produção da cera de carnaúba, possui inúmeras aplicações econômicas, tanto domésticas como industriais, sendo usada em larga escala na indústria cosmética, na farmacologia e até pela indústria eletrônica.

Mesmo com a decadência da atividade, a mesma ainda mostra sua importância para a região, principalmente na geração de emprego e renda entre os meses de outubro até a chegada das chuvas (período de estiagem), quando a falta da mesma inviabiliza o cultivo de subsistência. Um dos fatores que determina a atual situação de abandono da atividade é concentração dos carnaubais nas mãos de grandes latifundiários levando a necessidade de arrendamento das terras por parte de famílias mais pobres, além dos baixos valores comerciais da cera e do chapéu.

No tocante ao cultivo do algodão, a região possuía até meados dos anos 1970, consideradas áreas de plantio, mas a desestruturação com os impactos da seca de 1979-1983 aliada a entrada da praga do bicudo nos algodões, acabou com as lavouras de algodão chegando a ser extinto completamente.

Com a descoberta e massificação de produtos sintéticos substituindo a cera de carnaúba e a instalação da fábrica de cimento do grupo Votorantim na região (bacia do rio Coreáú), na década de 1960, inicia-se outro momento econômico, o da extração mineral, mas exatamente do calcário.

Apesar da maior fábrica de cimento do Estado do Ceará não estar localizada na bacia do rio Itacoatiara, a mesma encontra-se a menos de um quilômetro, além de estar no topo da cadeia produtiva dos derivados de calcário na região. Vale ressaltar que a extração e

beneficiamento do calcário de forma artesanal pelas caieiras da bacia não possui nenhuma ligação com a referida fábrica.

A instalação da fábrica que acordou a população para o real potencial geológico da região e o crescimento urbano das cidades, principalmente de Sobral, enquanto centro regional, incentivou a construção das rudimentares caieiras para a produção de cal, derivado mais simples de menor valor agregado do calcário.

O poder público também incentivou na década de 1990 a construção de unidades de beneficiamento, como foi o caso da prefeitura municipal de Coreaú que construiu uma unidade para o trabalho em forma de cooperativa, denominadas localmente de fornos de cal, unidade construída de alvenaria e com maior capacidade de produção.

Com a construção dessa unidade, formou-se no entorno um conjunto de casas de pau-a-pique, atualmente com aproximadamente 20 casas, denominada Vila Basílio, o que demonstra o poder da atividade na região, interferindo inclusive no processo de ocupação da bacia.

Outro aglomerado de pessoas em que o processo de formação pode ser compreendida nesse contexto é a localidade de Pedra de Fogo, que recebe esse nome pelo fato de estar sediada em meio a grandes afloramentos de calcário e a maior concentração de caieiras da bacia.

Atualmente, as principais atividades econômicas desenvolvidas na bacia estão ligadas a agropecuária extensiva durante o primeiro semestre, devido a concentração das chuvas. Já no período de estiagem, as atividades econômicas denunciam a potencialidade de cada setor, embora todas estão ligadas ao extrativismo vegetal e mineral.

No setor A, destaca-se a exploração de madeira (figura 15), principalmente de espécies arbóreas como o Sabiá e a Aroeiras, para a fabricação de estacas e mourões. Essa área corresponde a vegetação de Mata Seca.



Figura 15. Desmatamento total de encosta da serra da Meruoca-Rosário para o aproveitamento da madeira e posterior cultivo de milho (set/2007).

No setor B, que corresponde às partes mais elevadas da Depressão Sertaneja, destaca-se a extração manual do calcário e o beneficiamento do mesmo nas caieiras (figura 16) e fornos de cal (figura 17) – unidades rudimentares de beneficiamento. Todas as UBC's estão localizadas neste setor.

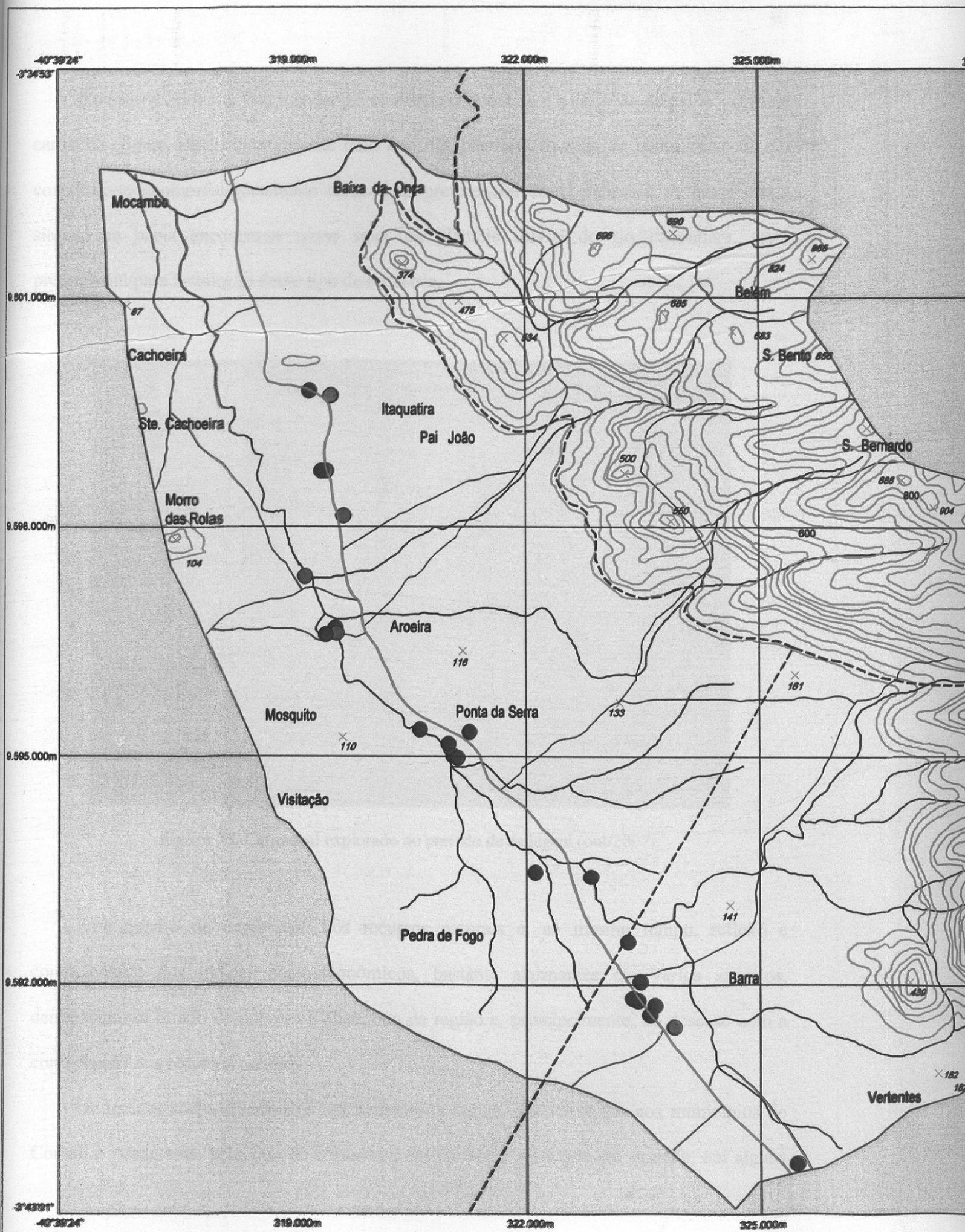
Todas as UBC's estão concentradas ao longo da CE-364 ou de pequenas vicinais a menos de 500 m da rodovia principal (figura 18). Esse padrão espacial deve-se a facilidade da chegada de caminhões carregados de lenha e calcário *in natura*, bem como do escoamento da produção de cal para as mais diversas cidades da região. Outro fator importante é a proximidade de alguma fonte natural ou artificial de água, essencial para o processo de hidratação do óxido de cálcio.

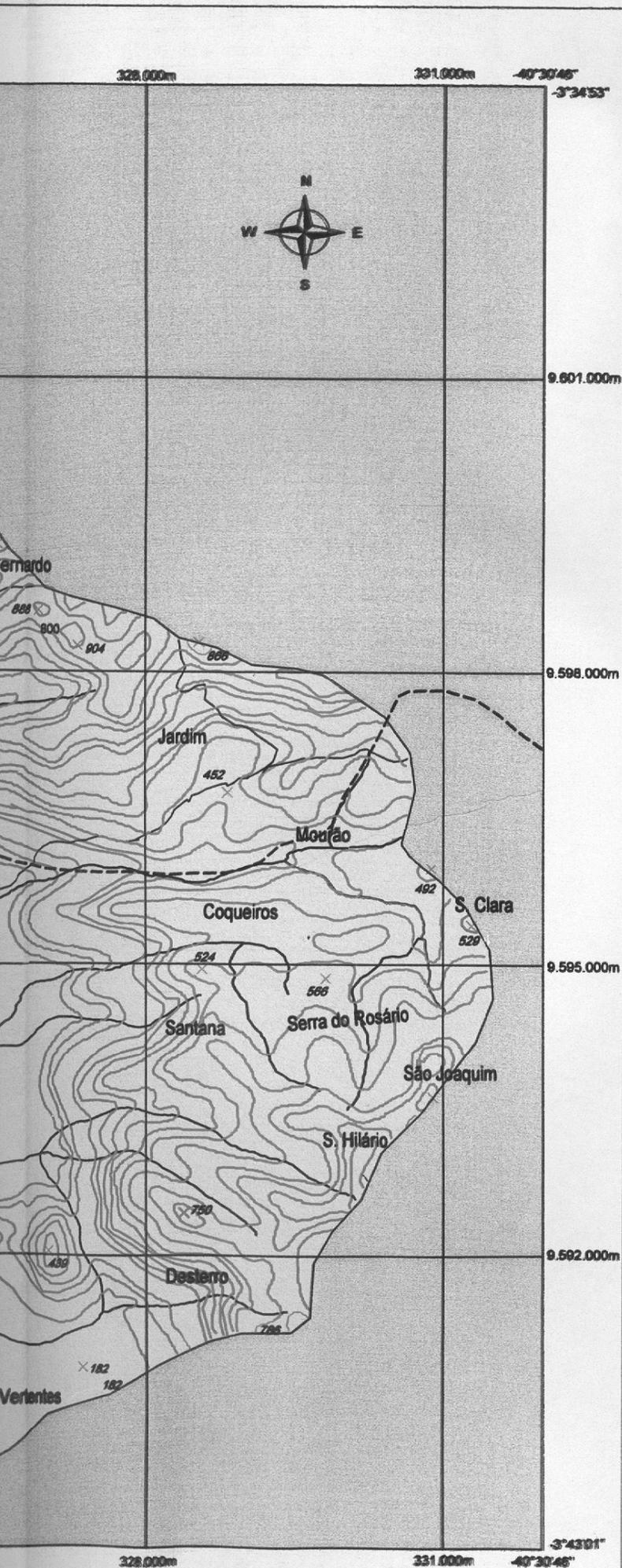


Figura 16. Vista geral de uma caieira rudimentar construída com blocos de rocha e madeira retorcida amarrada com cabos de aço (out/2007).



Figura 17. Vista geral do único forno de cal existente na bacia (out/2007).





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ
 CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA - CCNM
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG

AUTOR: Francisco Nataniel Batista de Albuquerque
 ORIENTADOR: Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

MINERAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL/DESERTIFICAÇÃO
 NA BACIA DO RIO ITACOATIARA NOROESTE DO ESTADO DO CEARÁ

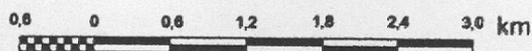
Distribuição espacial das unidades de
 beneficiamento de calcário na bacia
 do rio Itacoatiara

Figura 18.

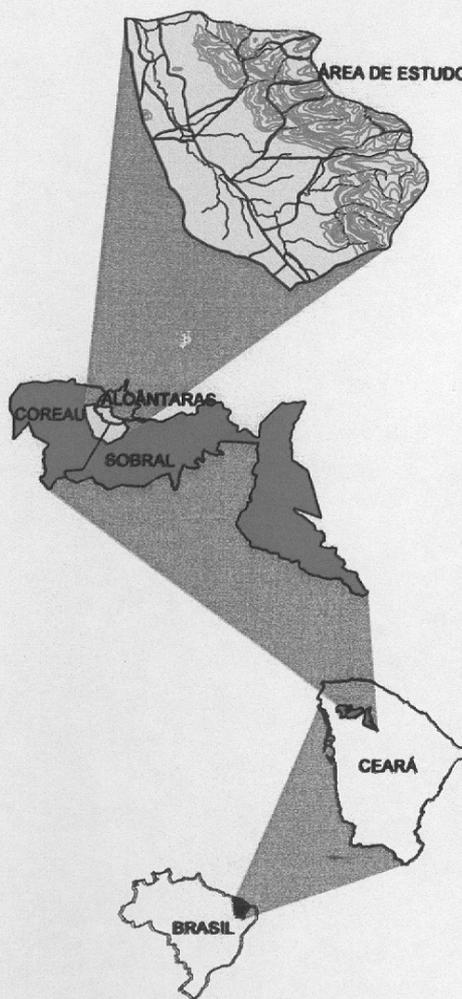
LEGENDA

Unidades de beneficiamento de calcário	Número
● Calcário em funcionamento	18
● Calcário desativado	06
● Forno em funcionamento	01

ESCALA: 1:80.000



LOCALIZAÇÃO:



SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSOR DE MERCATOR
 DATUM: SAD - 69 / FUSO - 24 / MC - 39" WGr

FONTE: Imagem de Satélite (Landsat/2002) / Escala: 1:250.000
 SUDENE - 2001 / Escala: 1:100.000

Organização: Francisco Nataniel Batista de Albuquerque
 Digitalização: Ana Maria Ferreira e Bárbara K. S. Lima

No setor C, por sua vez, a principal atividade econômica é a extração da palha e cera de carnaúba (figura 19), principalmente pelo fato das planícies fluviais do baixo curso do rio constituir-se geomorfologicamente como área preferencial dessa palmeira. A única olaria situada na bacia encontra-se nesse setor da planície fluvial do rio Itacoatiara, setor preferencial para instalação desse tipo de indústria.



Figura 19. Carnaubal explorado no período de estiagem (out/2007).

Esse quadro de exploração dos recursos naturais é, ao mesmo tempo, reflexo e condicionante dos índices sócio-econômicos, bastante alarmantes em vários aspectos, denunciando o estado de pobreza e abandono da região e, principalmente, do descaso com a conservação dos recursos naturais.

Os índices sócio-econômicos apresentados a seguir, são referentes aos municípios de Coreaú e Alcântaras, pelo fato de representarem melhor a realidade em questão, em alguns

pontos comprometidos pelo fato dos dados envolverem as sedes dos municípios os quais não estão dentro da bacia.

Nos indicadores sociais, econômicos e demográficos do ano 2000 fornecidos pelo Instituto de Planejamento do Estado do Ceará (IPECE), os municípios de Coreaú e Alcântaras, em sua grande maioria, encontram-se entre os municípios com pior situação do Estado. Todos os dados abaixo são do IPECE (2000).

No tocante aos indicadores sociais, a região apresenta baixa concentração de renda, possuindo o índice de Gini (2000) em torno de 0,56, considerado, portanto, baixo quando comparado com o do Estado que é de 0,68. O índice de Gini é uma medida do grau de concentração de uma distribuição, cujo valor varia de zero (perfeita igualdade) até um (desigualdade máxima).

Considerando o percentual de pobres como o número de indivíduos com renda per capita inferior a $\frac{1}{2}$ salário mínimo, a área registrava 78%, estando entre os municípios com maior percentual de pobres. Enquanto isso, o número de indigentes – indivíduos com renda domiciliar per capita inferior a $\frac{1}{4}$ do salário mínimo – correspondia a 49%.

A renda média dos chefes de domicílio não ultrapassa os R\$ 214,00 mensalmente (salário mínimo em 2000, R\$ 151,00), quatro vezes menor do registrado na capital do Estado. Valor este responsável para cobrir despesas com educação, saúde, moradia e bem estar dos seus dependentes.

No tocante aos aspectos demográficos, a taxa de urbanização do município de Alcântaras não ultrapassa os 40% sendo classificado como município rural, enquanto Coreaú está na faixa de 50 a 75%, sendo classificado como município em transição, de um quadro rural para urbano. Já o município de Sobral, com taxa que chega a 80%, é considerado um município urbano. Um dos fatores que explica a ruralidade do município de Alcântaras é a grande quantidade de pequenos sítios na Serra da Meruoca-Rosário.

A taxa de fecundidade da região em 1991 ficava na faixa de 4 a 8 filhos por mulher. O ano 2000 registrou um decréscimo considerado, tendo os municípios de Coreaú com até 4,9 filhos e Alcântaras, com 3,25 a 2,57 filhos por mulher. Sobral registra a menor taxa, inferior 2,80 a 3,24. Mais vale ressaltar, que essas taxas ainda estão muito altas, o que revela a falta de uma política de natalidade eficiente, a qual é reflexo de uma série de questões de ordem social, econômica e até cultural da região.

A própria estrutura etária da população é um reflexo desses fatores. O município com maior expectativa de vida, ou seja, maior percentual da população com idade acima de 64 anos é Alcântaras (até 8,5%) e o menor Sobral (até 6,5%), esse fato se deve em parte pelo estilo de vida existente nos pequenos sítios da Serra da Meruoca-Rosário, onde se encontra o município de Alcântaras. Sobral, por sua vez, como maior centro econômico da região concentra maior oportunidade de emprego para a população economicamente ativa, chegando a 61% da população, enquanto Alcântaras registra o menor percentual com no máximo 55% da população com idade entre 15 e 64 anos.

A pirâmide etária com a base mais larga encontra-se nos municípios de Coreaú e Alcântaras com até 39% da população com idade até 14 anos, superior a média estadual, 34%.

Com relação à estrutura fundiária regional, percebe-se o aumento do tamanho médio dos imóveis à medida que as propriedades afastam-se dos enclaves úmidos e sub-úmidos, como serras e planícies fluviais, e adentram a Depressão Sertaneja com maior deficiência hídrica. Além disso, as áreas sertanejas possuem as maiores concentrações de terras e os maiores vazios demográficos do Semi-Árido Brasileiro, conseqüência de toda uma política de ocupação iniciada pelo governo português no início do século XVIII, onde o sertão era um lugar hostil do ponto de vista climático de ocupação exclusiva da pecuária extensiva.

No município serrano de Alcântaras, o tamanho médio dos imóveis rurais não ultrapassam os 50 hectares, pois caracterizam-se em sua maioria por sítios com produção

agrícola diversificada. Já o município de Coreaú, o tamanho médio dos imóveis duplica girando em torno de 100 hectares, estando os maiores nas proximidades do rio Itacoatiara e do sopé da Serra da Meruoca-Rosário, áreas privilegiadas do ponto de vista natural. Em Sobral, onde se caracteriza a Depressão Sertaneja com maior deficiência hídrica, o tamanho médio chega a 200 hectares.

A agricultura na bacia é de subsistência, tendo como principais culturas temporárias, o milho e feijão e, menor expressão, mandioca e arroz. Não havendo nenhum cultivo comercial, fruto da deficiência hídrica aliada à falta de investimento tecnológico no setor.

Atualmente, uma das principais expectativas econômicas na região é a construção do Gasoduto Meio Norte que irá ligar a cidade de Fortaleza a São Luís, no Estado do Maranhão.

Com relação à infra-estrutura da bacia, a mesma é cortada pela CE-364 que liga a BR-222 à cidade de Camocim no litoral oeste do Estado, a qual corta os dois maiores aglomerados populacionais da bacia, o distrito de Aroeiras (município de Coreaú) e a localidade de Pedra de Fogo (município de Sobral) com população não superior a 3 mil habitantes cada.

O abastecimento de água da região é realizado por uma adutora proveniente do açude Aires de Sousa, conhecido regionalmente como açude Jaibaras, devido localizar-se no distrito sobralense de mesmo nome, na bacia do rio Acaraú. A presença da adutora justifica-se pela ausência de um grande reservatório hídrico na bacia para abastecimento humano.

A bacia conta com 2 escolas de Ensino Fundamental, as quais estão localizadas no distrito de Aroeiras e na localidade de Pedra de Fogo.

6. CAUSAS E CONSEQÜÊNCIAS DO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DESERTIFICAÇÃO NA BACIA DO RIO ITACOATIARA

6.1. CAUSAS FÍSICO-NATURAIS DA DESERTIFICAÇÃO

6.1.1. Características morfoclimáticas

Do ponto de vista climático, os dados pluviométricos dos últimos 5 anos tornam evidente a existência de uma área de precipitações reduzidas em relação à região, condicionado em parte pela posição a sotavento do Maciço Residual da Meruoca-Rosário que atinge altitudes em torno de 1000 metros em comparação com os 120 m de altitude média da depressão da bacia do rio Itacoatiara.

A média pluviométrica dos postos pluviométricos de Aroeiras e Aprazível durante esses 5 anos são respectivamente, 65% e 49% das registradas pelo posto de Coreaú, o que registrou a maior média. Com exceção do ano de 2003, nenhum desses dois postos registrou chuvas anuais acima de 800 mm caracterizando um ambiente semi-árido.

Esses dados são reforçados pela Funceme (1993) através do mapa do índice de aridez média do Estado do Ceará entre os anos de 1975 e 2002 obtidos a partir da relação entre precipitação e evapotranspiração que demonstra a existência de uma mancha sub-úmida seca na região noroeste do Estado classificada como sub-úmida úmida, área essa que coincide em parte com a bacia do rio Itacoatiara.

Além do fato da bacia do rio Itacoatiara estar localizada a sotavento de uma grande barreira orográfica regional, os elevados índices de degradação ambiental na região, na figura

principalmente do desmatamento indiscriminado não permite uma maior geração de umidade atmosférica contribuindo para a redução significativa dos eventos chuvosos na bacia.

6.1.2. Características pedológicas e o arcabouço geológico

Tendo como uma das principais características naturais, a elevada amplitude térmica diária e a baixa precipitação, no Semi-Árido Brasileiro predomina o intemperismo do tipo físico, o que leva a formação de solos rasos e pedregosos, dificultando o manejo do solo e a infiltração da água, combinação essa que torna a agricultura de subsistência tradicional inviável no período de estiagem.

Além disso, os terrenos do embasamento cristalino têm problemas de pequena profundidade de solo e pedregosidade, os lençóis são raros e pouco volumosos e as águas superficiais e subterrâneas muito mineralizadas; o regime de chuvas marcado por forte irregularidade interanual faz com os rios atinjam rapidamente seu ponto de esgotamento durante as estiagens (MATALLO JÚNIOR, 2000).

Como resultado dessa interação de elementos, os solos que predominam na bacia do rio Itacoatiara são os Neossolos Regolíticos, além dos afloramentos rochosos muito comuns na bacia.

Muito comum na paisagem sertaneja da bacia são os “alto pelados”, marcadas pela presença do embasamento cristalino próximo a superfície, formando solos rasos e com um pavimento detrítico (figura 20).



Figura 20. Presença de “altos pelados” na paisagem sertaneja da bacia, na localidade de Pau D’Arco, produzindo solos muito rasos e pouco intemperizados (nov/2007).

Ab’Saber (2003) descreve os altos pelados como pequenas colinas desnudas, compostas por fragmentos dispersos de quartzo e de filitos (rocha metamórfica argilosa), dando o aspecto de um chão repleto de pequenos pedaços de tijolos quebrados.

6.1.3. A desconstrução de alguns mitos do bioma Caatinga

Muitas pessoas poderiam atribuir ao aspecto fisionômico arbustivo e caducifólio da maior parte das espécies vegetais do bioma Caatinga uma das causas naturais do processo de desertificação do Semi-Árido Brasileiro e, em especial, da área em estudo. Com a intensificação dos estudos científicos nesses ambientes naturais alguns mitos a respeito da Caatinga começaram a ser derrubados como a idéia de que a Caatinga não protege o solo e da diversidade biológica muito baixa, o que constituía numa espécie de autorização para a supressão vegetal do bioma.

Objetivando a desconstrução do mito de que a vegetação da Caatinga não protege o solo, foi montado um experimento na bacia em dois fragmentos abertos de Caatinga, sendo uma arbustiva e outra arbórea, onde cada um mede 100 m² e contava com 15 pluviômetros instalados sob a cobertura vegetal (figura 21).



Figura 21. Aspecto geral da Caatinga Arbustiva da área de monitoramento da interceptação vegetal na bacia do rio Itacoatiara (dez/2007).

O monitoramento da relação precipitação interna e interceptação vegetal em ambiente de Caatinga nos revelou que mesmo numa área de baixa densidade de espécies e em processo de regeneração, a interceptação vegetal da Caatinga Arbórea chegou a 10% nas chuvas de alta intensidade e 35% de baixa intensidade, apresentando números superiores a Caatinga Arbustiva (tabela 08).

Tabela 08. Comparação dos níveis de interceptação vegetal em Caatinga Arbustiva e Arbórea na bacia do rio Itacoatiara no mês de janeiro/2008.

Classe de Precipitação (mm)	Frequência (dias de chuva)	Precipitação externa (mm)	Caatinga Arbustiva		Caatinga Arbórea	
			Precipitação Interna (%)	Interceptação vegetal (%)	Precipitação Interna (%)	Interceptação vegetal (%)
< 5	8	3,3	90,7	9,3	64,4	35,6
6- 10	1	6,5	85,7	14,3	76,9	23,1
11-15	1	15,0	-	-	-	-
16-20	1	20,0	89,5	10,5	81,7	18,3
21-25	1	23,0	-	-	-	-
26-30	-	-	-	-	-	-
> 30	1	30,5	97,3	2,7	90,0	10,0
Total	13					

Fonte: Pesquisa de campo.

Em estudo feito por Thomaz (2005) realizado em Guarapuava, Estado do Paraná em um ambiente de floresta com precipitação total de 1.639 mm/ano, registrou 50% de interceptação vegetal em chuvas de baixa intensidade (< 2,5 mm) e apenas 13,8% em chuvas de alta intensidade (> 50 mm) (tabela 09).

Tabela 09. Precipitação por classe, precipitação interna e interceptação em floresta secundária em floresta secundária de Guarapuava – PR.

Classe (mm)	Frequência	Precipitação	Precipitação Interna		Interceptação Vegetal	
		(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
< 2,5	08	2,0	1,0	50,0	1,0	50,0
2,5 – 5	14	3,6	2,0	55,6	1,6	44,4
5 – 10	22	6,7	4,2	62,7	2,5	37,3
10 – 20	16	13,7	9,7	70,8	4,0	29,2
20 – 30	15	24,0	18,6	77,5	5,4	22,5
30 – 40	07	35,6	29,5	82,9	6,1	17,1
40 – 50	05	46,0	35,6	77,4	10,4	22,6
> 50	06	58,6	50,5	86,2	8,1	13,8

Fonte: Thomaz (2005).

A precipitação interna das duas áreas em análise aumentou com o tamanho da chuva, ou seja, a interceptação vegetal tende a decrescer exponencialmente com o aumento da precipitação.

Os resultados demonstram a necessidade de adoção de um modelo de supressão vegetal racional da Caatinga na bacia do rio Itacoatiara, pela importância da proteção do solo na contenção dos processos erosivos e da umidade. Esse novo modelo deve preconizar o respeito pelos limites naturais de uma região semi-árida que, segundo Mendes (1985), a produtividade madeireira da Caatinga é muito baixa, situando-se em torno de 14 estéreos/hectare.

Além do mito da Caatinga não proteger o solo, Maia (2004) elenca uma série de fatores que demonstram a riqueza e a funcionalidade do bioma Caatinga:

- **Alta diversidade e heterogeneidade das espécies** – grande número de espécies diferentes numa área apoiando-se mutuamente e, nunca na forma de um bosque homogêneo, o que a tornaria mais vulnerável;

- ***Porte baixo de todos os seres*** – plantas, animais e seres humanos, comparados com os de outras regiões, têm tamanho menor o que acarreta na maior economia de água e alimentos;
- ***Proteção do solo*** – a tendência da vegetação é manter sempre o solo protegido e coberto: folhagem da copa das próprias plantas (estação chuvosa) e folhas caídas sobre o solo – serrapilheira (estação seca) protegendo constantemente o solo da erosão e da insolação;
- ***Proteção da água*** – proteção da água superficial nas margens dos riachos e rios, onde a vegetação mais alta dá sombreamento, evitando o aquecimento e a evaporação excessiva da água;
- ***Adaptação das espécies nativas às condições da semi-aridez*** – uma série de características revela a adaptação das espécies da região, como: cascas claras ou reluzentes diminuem o aquecimento do tecido vivo da planta; folhas pequenas e/ou uma textura da folha que lembra o couro diminuem a perda d'água; perda das folhas durante a estação seca; diminuição da evapotranspiração durante as horas mais quentes evita a perda excessiva d'água; caules verdes, capazes de contribuir com a fotossíntese sem a aumentar a superfície da planta; armazenamento d'água em caules e na partes verdes, como em todas as cactáceas; e, árvores com sementes aladas ou fibras lanosas, facilitando a dispersão da mesma pelos ventos.

6.2. CAUSAS ANTRÓPICAS DA DESERTIFICAÇÃO

6.2.1. Sistema de ocupação da terra e estrutura fundiária

A ocupação da região data do início do século XVIII, mais exatamente, de 1702 com a doação de terras para a criação de gado e cavalos. Como a pecuária praticada foi do tipo extensiva (e continua até os dias atuais), eram necessários grandes quantidades de terra o que levou a formação de latifúndios extensos, quadro esse que só se agravou ao longo do tempo, acarretando na região Nordeste, a de mais alta concentração fundiária do Brasil.

Para suprir a deficiência hídrica regional, as primeiras fazendas e aglomerados populacionais foram constituídos ao longo das planícies fluviais ou simplesmente de áreas próximas aos corpos hídricos existentes na região.

Dessa forma, estavam resolvidas duas principais exigências para a criação do gado bovino no semi-árido, as pastagens naturais e a presença de água. Essa prática levou ao desmatamento quase que total das matas ciliares regionais para a introdução de pastagens e abertura de caminho para o gado beber água no rio, o que ocasionou (e ainda ocasiona) a formação de ravinas nas margens dos mesmos a partir de trilhas deixadas pelo gado. Em vez da água ir até o gado, o gado ia até a água, causando danos ambientais.

A concentrada estrutura fundiária no campo nordestino acabou gerando uma prática atualmente muito comum, o arrendamento de terras, pelo simples fato do latifundiário não trabalhar diretamente a terra (e não depender financeiramente da mesma) e pela existência de muitas famílias sem um pedaço de terra para tirar o sustento da família.

O arrendamento de terras destina-se aos mais variados fins, onde se destacam a exploração madeireira, principalmente de sabiá, exploração de carnaubais, para extração do pó e da palha, plantio de milho e feijão, além do arrendamento da pastagem nativa. Essa

prática é marcada pelo descaso com a terra, pois nem o proprietário, geralmente, dono de grandes extensões de terra, nem o arrendatário, preocupam-se com a degradação ambiental deixada após a utilização, principalmente, no caso da exploração de madeira.

Além disso, a ocupação do Semi-Árido Brasileiro, bem como da bacia do rio Itacoatiara é bastante antiga, passando de 300 anos tempo suficiente para haver o desgaste natural de qualquer ecossistema submetido a esses níveis de exploração, submetidas por uma população carente que apresenta a maior densidade demográfica das regiões áridas e semi-áridas do mundo.

A problemática do Semi-Árido Brasileiro vai muito além da seca, enquanto fenômeno climático, mas envolve a cerca enquanto fenômeno social e histórico que evidencia a rígida estrutura fundiária na bacia quando analisamos os percentuais dos números de imóveis rurais e suas respectivas áreas no município de Coreaú (tabela 10). O grande número de latifúndios e de proprietários que não labutam diretamente a terra é um dos estopins para a degradação ambiental na bacia (figura 22).

Tabela 10. Percentual do número e área dos imóveis rurais em Coreaú (CE).

Grupos de área total	Nº de imóveis rurais (%)	Área dos imóveis rurais (%)
Menos de 10 ha	13,0	0,3
11 a 100 ha	48,3	12,5
101 a 1.000 ha	34,7	52,0
1.001 a 10.000 ha	3,9	35,2
Total	100,0	100,0

Fonte: INCRA (2006).



Figura 22. O problema do Semi-Árido Brasileiro não é a seca, e sim a cerca (dez/2007).

6.2.2. Exploração dos Recursos Vegetais

6.2.2.1. Extração de lenha para combustão das unidades de beneficiamento de calcário e outras (carvoarias, olarias, padarias)

O produto mais importante da extração madeireira na Caatinga é a lenha, que responde por 34% do consumo de energia da região nordestina. Porém, considerando o consumo doméstico nos sertões a lenha satisfaz mais de 70% da demanda energética, sendo necessários 78 estéreos para atender uma residência média (ARAÚJO FILHO, 2006).

Segundo Diário do Nordeste (2008) cada hectare de Caatinga produz em média 52 m³ de lenha nativa. Como a bacia não apresenta mais áreas de Caatinga nativa e a velocidade de extração de lenha é muito rápida, pressupomos que cada hectare produza uma quantidade bem menor de lenha.

O principal destino da madeira extraída na bacia do rio Itacoatiara são os fornos das caieiras existentes na própria bacia que, atualmente totalizam 18 em atividade, além de 01 forno de cal com capacidade de produção dobrada em relação às caieiras, totalizando 19 unidades de beneficiamento de calcário – UBC. É bastante comum na paisagem uma série de caieiras desativadas ou destruídas, pois a atividade encontra-se em decadência econômica por uma série de fatores de ordem econômica e ambiental.

Cada caieira consome em média 25 m³ de lenha (1 “carrada”) por processo de queima. Como cada caieira realiza em média 48 queimas por ano, o consumo médio de lenha chega a 1.200 m³ por caieira ao ano.

Considerando que a bacia conta com 19 UBC’s (sendo um forno de cal de maior capacidade) em atividade, o consumo médio anual de lenha pelas caieiras da região chega a 24.000 m³ (800 “carradas”) sem contar o estéril da ordem de até 10% produzido ao longo do processo, seja na área de extração, no transporte e no pátio da caieira, perfazendo uma área desmatada de aproximadamente 461 hectares ou quase 5 km² por ano apenas na bacia, considerando a produção de uma área nativa, o que não o caso da região.

Além das caieiras, cerâmicas e padarias da região também consomem grandes quantidades de lenha o que elevaria esse número a proporções bem maiores.

Dois fatores bastante perceptíveis denunciam o nível de degradação ambiental na bacia. O primeiro deles é a utilização de lenha pelos caieiros com diâmetro cada vez menor (gravetos) (figura 23) o que demonstra a intensidade do desmatamento na bacia, não havendo tempo da plena regeneração da vegetação pelos sucessivos cortes; o segundo fator, diz respeito a distância cada vez maior das áreas de extração de madeira, dada a escassez da mesma nas proximidades já bastante degradada, o que encarece a atividade levando muitas caieiras a fecharem suas atividades.



Figura 23. Estoque de lenha no pátio de uma caieira na localidade de Pedra de Fogo (set/2007).

Levando em consideração que a produtividade madeireira da Caatinga é muito baixa, situando-se em torno de 14 estéreos/hectare e que são necessários aproximadamente 13 anos para a recuperação da vegetação nativa (MENDES, 1985) os níveis de desmatamento da Caatinga na bacia exclusivamente para servir de matriz energética para a atividade minerária é agravante.

Se não bastasse a baixa produtividade, a lenha fica estocada a céu aberto no pátio da caieira, exposta a chuva o que reduz seu poder de combustão necessitando de uma maior quantidade de lenha no processo de queima. Além disso, no período chuvoso a extração de madeira sofre uma considerável queda dado o difícil acesso, por conta das vicinais intrafegáveis, às áreas de extração de madeira.

As principais espécies vegetais utilizadas como dendro-energéticos são originárias da vegetação nativa da região que é característica da tipologia de Caatinga Arbustiva Aberta.

Conforme levantamento de campo e consulta aos agricultores da região, diversas são as espécies utilizadas como recurso energético nas caieiras (tabela 11).

Tabela 11. Espécies vegetais encontrados nos pátios das caieiras.

Nome Vulgar	Nome Científico	Família
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul	Leguminosae
Jurema Branca	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	Leguminosae
Jurema Preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd) Poir	Leguminosae
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i> Muell. Agr.	Euphorbiaceae
Mororó	<i>Bauhinia cherlantha</i> (Bong.) Steud	Leguminosae
Pau D'Arco	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC)	Bignoniaceae
Timbaúba	<i>Enterolobium contortisiliquiam</i> Morong	Leguminosae

Fonte: Levantamento de campo.

Vale ressaltar, que muita madeira é retirada na bacia para alimentar as caieiras existentes na bacia do rio Coreaú, da qual o rio Itacoatiara é uma sub-bacia, assim como o contrário também é verdade, o que nos demonstra como o processo de degradação é bastante complexo e possui abrangência regional, afinal, a atividade de mineração do calcário não se restringe a bacia em questão.

6.2.2.2. Produção de carvão vegetal para subsistência e comercialização

Além da madeira extraída da Caatinga para combustão dos fornos das unidades de beneficiamento do calcário que é o uso mais significativo na bacia, esse recurso vegetal é

utilizado historicamente na forma de carvão vegetal nas atividades domésticas da população regional, contribuindo diretamente para a intensificação da degradação ambiental na bacia.

A maioria dos produtores de carvão prefere não se identificar, quando não omitem a existência de fornos de carvão em sua propriedade, temendo a fiscalização do IBAMA, digase de passagem, bastante precária e ineficaz na região. Segundo informações da gerência regional do órgão na cidade de Sobral, a bacia não possui nenhum plano de manejo aprovado.

Os fornos de carvão estão espalhados pelas propriedades rurais da bacia, sendo que em alguns imóveis, a produção funciona no próprio quintal e são comercializados na própria região. De acordo com a maioria dos entrevistados a produção de carvão se tornou mais uma fonte de renda frente a decadência econômica do campo, principalmente durante a estação seca, onde a renda advinda da agricultura é praticamente inexistente.

Na região, são utilizadas duas técnicas para produção de carvão: uma onde é feito uma cavidade no solo (figura 24), de menor capacidade; e outra, onde é construído um forno na superfície, de maior capacidade (figura 25).



Figura 24. Cavidades feita no solo para produção de carvão vegetal na localidade de Pau D'Arco (set/2007).

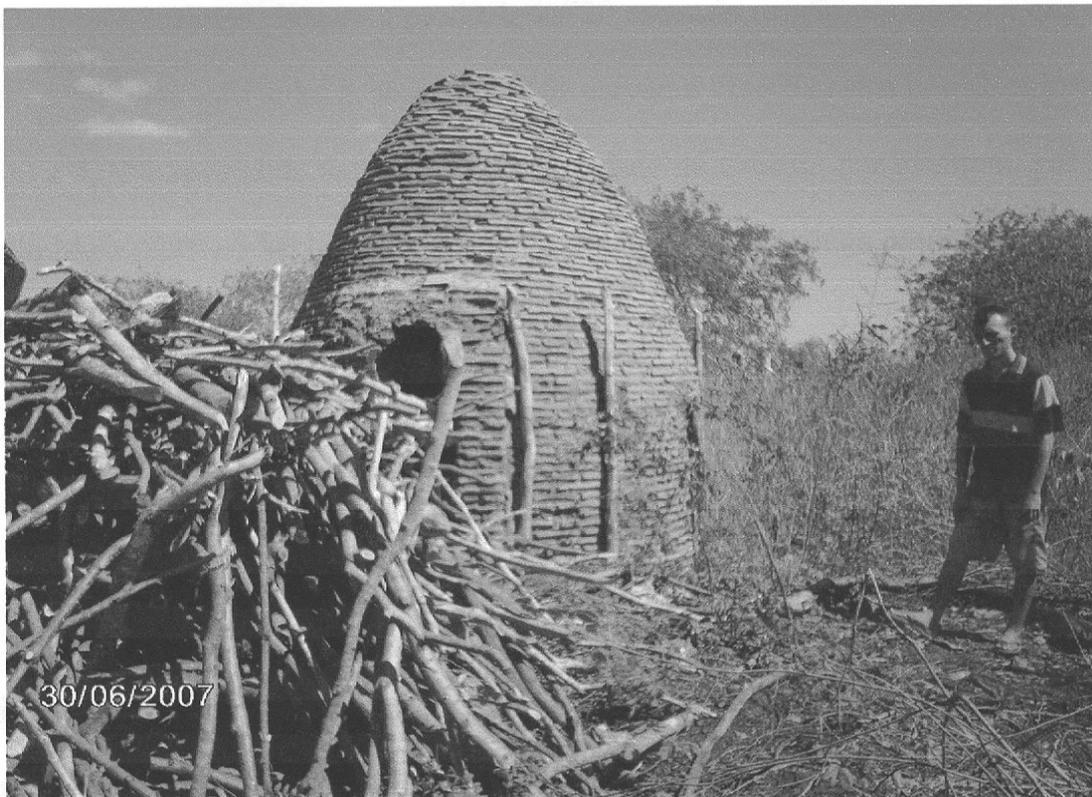


Figura 25. Forno de carvão de maior capacidade de queima na localidade de Pedra de Fogo (set/2007).

Quase que a totalidade das propriedades rurais utilizam total ou parcialmente a lenha para o consumo doméstico, prática histórico-cultural comum no semi-árido brasileiro ainda nos dias atuais, principalmente nas áreas mais pobres, mesmo com a introdução do gás liquefeito de petróleo – GLP, mais conhecido como “gás de cozinha”. Segundo muitos moradores, o alto preço do gás de cozinha (em média a R\$ 35,00), inviabiliza a aquisição por muitas famílias da região, além de ser uma questão cultural o uso da lenha nas atividades domésticas.

Muito embora o consumo doméstico de lenha seja pequeno, é constante e presente em quase todas as propriedades rurais da região, contribuindo para a degradação ambiental da bacia.

No geral, a lenha extraída e comercializada na bacia destina-se mais aos fornos das caieiras do que aos fornos de carvão, dado o maior valor agregado a produção da cal. O carvão resultante da queima da lenha no forno das caieiras também é vendido.

Os fornos maiores chegam a produzir até 20 sacas de carvão por queima, que dura três dias, mais três dias esfriando. A saca grande de carvão é vendida pelos proprietários rurais de R\$ 2,00 a 3,00 e revendida nos comércios da cidade de Coreaú, por exemplo, por R\$ 5,00. Segundo Maia (2004) 1 hectare desmatado de vegetação da Caatinga produz em média 70 m³ de carvão vegetal.

6.2.2.3. Fornecimento de madeira para usos diversos

Outra finalidade da madeira extraída da Caatinga é a produção de estacas para cerca, principalmente de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), espécie que se destaca como uma das principais fontes de estacas para cerca no semi-árido brasileiro, além de ser uma boa opção para a produção de lenha e carvão.

A extração do sabiá é realizada de forma clandestina e o transporte da madeira é realizado apenas no período noturno para escapar da fiscalização do IBAMA. Esse comércio ilegal de madeira é comprovado pelo constante tráfego de caminhões carregados de madeira passando pela cidade de Coreaú depois das 19 horas. Parte desse comércio ilegal é comandado por donos de lojas de material de construção da própria região onde as estacas são vendidas. Cada carregamento chega a transportar até 1000 estacas de sabiá.

A extração das estacas de sabiá é feita na sua grande maioria por famílias de pequenos proprietários. O proprietário pode ainda arrendar a extração das estacas para o chamado “explorador”, o qual arca com os trabalhadores temporários e divide os lucros com o proprietário. O período de maior extração da madeira é no período de julho a fevereiro, ou seja, durante o período seco na região por facilitar o acesso as áreas de extração pelas precárias vicinais da região.

O mercado paga pela estaca de sabiá de acordo com o diâmetro do caule. Em média, cada estaca com altura mínima de 2,25m é vendida entre R\$ 0,80 e R\$ 1,00 nas lojas de material de construção. Boa parte da produção é escoada para municípios vizinhos e até mesmo para outros estados como Piauí e Rio Grande do Norte.

Vale ressaltar, que a Lei Orgânica do Município de Coreaú, por exemplo, proíbe a comercialização de estacas de Sabiá fora dos limites territoriais do município, mas que não é de conhecimento da população e muito menos realizada uma fiscalização dizimando os remanescentes de Mata Seca, onde o Sabiá está inserido.

Outra prática que compromete bastante a degradação dos recursos vegetais na bacia é a construção de cerca pelos proprietários rurais que não disponibilizam de recursos financeiros para a construção de cercas com arames farpados. São utilizados arbustos retorcidos entrelaçados (figura 26), sem a presença de arame o que leva a uma maior supressão da vegetação nativa, o que se potencializa pela fragilidade da mesma em conter os animais o que

leva a necessidade de constantes reforma e reposição de madeira, acarretando em mais desmatamento.



Figura 26. Cercas que utilizam um grande número de madeira, acarretando a supressão da vegetação nativa e a constante reposição da mesma (set/2007).

Outra espécie da qual é explorada a madeira, embora em menor volume, é a carnaúba, de onde é obtido o pó cerífero e a palha, produtos de maior valor econômico da referida palmeira. O tronco, de menor valor, é muito utilizado na construção civil, onde entra na condição de esteios e vigas das casas do interior (figura 27).



Figura 27. Utilização do tronco da carnaúba na construção civil (jan/2008).

Com a descoberta e difusão dos produtos sintéticos, a cera de carnaúba que tivera alto valor econômico na região e amplamente exportada, hoje passa por momentos de crise pela substituição pelos compostos sintéticos. Atualmente, o pó cerífero tipo A (pó branco) é vendido a R\$ 6,00 e o tipo B (pó preto) a R\$ 1,50, bem diferente de outras épocas onde a carnaúba juntamente com o calcário formavam a base econômica da região.

Com o declínio econômico da atividade, muitos carnaubais até então preservados pelo alto valor que possuíam, começaram a ser derrubados, comprometendo diretamente a mata ciliar dos rios da bacia, formada além das espécies típicas da Caatinga, pela Mata Ciliar de Carnaúba.

6.2.3. Impactos da Agricultura de Sequeiro

A agricultura itinerante vem causando aos ecossistemas do semi-árido brasileiro vultosas perdas na biodiversidade da fauna e da flora, erosão do solo, sedimentação dos reservatórios e dos rios, com conseqüente declínio da atividade econômica e da quantidade de vida da população, podendo ser indicada como um dos mais importantes responsáveis pelo êxodo rural (CARVALHO, 2006).

A agricultura tradicional é que inclui o desmatamento total, a queimada de madeira, cultivo com duração de até dois anos e “pousio” com duração muito curta para a recomposição da vegetação nativa e restabelecimento da fertilidade natural dos solos (OLIVEIRA, 2006). Segundo Mattos (2000) o sistema de agricultura familiar dominante no sertão é herdeiro do sistema tradicional de broca e queima.

Na bacia do rio Itacoatiara predomina o cultivo de milho e feijão e, em menor expressão, a mandioca e o arroz, baseado num sistema de produção agrícola voltado para a subsistência familiar, o qual é reflexo diretamente das condições físico-geográficas da região, principalmente, na figura da seca e de muitos afloramentos rochosos, além do nível de desenvolvimento sócio-econômico da população que não supera a adoção de técnicas e hábitos rudimentares como o uso do fogo e o plantio no sentido da encosta.

O aumento da pressão demográfica, variável esta importante no Semi-Árido Brasileiro quando comparado com outras regiões do globo com o mesmo perfil climático, tem intensificado cada vez maior do uso da terra, acarretando na redução drástica do período de pousio dos solos agricultáveis da região.

Segundo entrevista, o período de repouso das terras na bacia do rio Itacoatiara é em média de 8 anos, quadro esse que se agrava com a redução do tamanho da propriedade que, implica no menor período de pousio da terra e, conseqüentemente, na recuperação do solo.

Essa série de impactos sócio-ambientais é produto de um modelo de sistema agrícola que tem se adotado na bacia ao longo dos tempos, o qual fragmenta a exploração agrícola, pecuária e madeireira, quebrando totalmente a inter-relação dos recursos naturais.

Para reverter o quadro de degradação na bacia, faz-se necessário a adoção de técnicas de recomposição e manejo florestal por partes dos donos de propriedades rurais, para que a retirada de madeira não possa comprometer ainda mais o bioma Caatinga, pois a intensidade do extrativismo madeireiro não é compatível a capacidade de resiliência natural, além da produtividade madeireira da Caatinga ser muito baixa. Para que haja a recuperação parcial da vegetação nativa são necessários aproximadamente 13 anos de pousio (MENDES, 1985), enquanto que uma recuperação total, o pousio deveria ser de pelo menos 40 anos (ARAÚJO FILHO, 2006).

Segundo Araújo Filho & Carvalho (1996) seriam necessários pelo menos 10 hectares em pousio para cada hectare explorado. A não realização dessa rotação leva a redução da produção de milho e feijão em 10 vezes do primeiro ano para os anos subseqüentes.

Tendo em vista a necessidade da superação desse modelo arcaico e insustentável de exploração dos recursos naturais do Semi-Árido Brasileiro, Araújo Filho (2006) e Carvalho (2006) propõem a adoção do sistema de produção agrossilvipastoril que divide as propriedades agrícolas em 3 parcelas: agrícola, pastoril, e silvicultural tem como finalidade quatro objetivos principais:

- Fixação da agricultura;
- Adequação do manejo pastoril;
- Racionalização da extração de madeira;
- Forte integração dessas três atividades.

Os solos do Semi-Árido Brasileiro estão sujeitos a processos erosivos intensos, devido à alta intensidade das chuvas em determinados períodos do ano, ausência de cobertura vegetal no momento em que incidem as primeiras chuvas, pouca profundidade dos solos e baixos teores de matéria orgânica (SILVA *et al.*, 1986).

O mesmo acontece na bacia do rio Itacoatiara, onde nos meses de novembro e dezembro intensificam-se as queimadas para “limpeza” das áreas de plantio, sendo comum, inclusive as queimadas descontroladas pelos fortes ventos do período, aliada ao descumprimento de técnicas básicas como a construção de aceiros. Antes da utilização da área para plantio de milho e feijão é retirada a madeira desmatada (figura 28).



Figura 28. Desmatamento para retirada de madeira e posterior plantio de milho e feijão (set/2007).

6.2.4. Impactos da Pecuária Extensiva

A pecuária extensiva de gado bovino e caprino, principalmente, na bacia do rio Itacoatiara produz uma série de impactos ambientais em função do desmatamento, do pisoteio do gado e de sucessivas queimadas.

A criação extensiva esgota a capacidade do capim em fornecer matéria alimentar. Com isso o solo fica desprotegido e mais exposto aos processos erosivos, principalmente a chuva.

Outro fator fundamental que contribui para o agravamento da degradação do solo é o pisoteio do gado. As patas dos animais compactam o solo dificultando sua absorção das águas da chuva que passam a escoar pela superfície arrastando o material desagregado, dando início à erosão (ravina).

Segundo Araújo Filho (2006), o sobrepastejo generalizado agrava o estado de degradação das pastagens, o que, por sua vez, reduz ainda mais sua capacidade produtiva. Atualmente, a carga animal na Caatinga oscila em torno de 4,6 ha/bovino/ano.

Do ponto de vista sócio-econômico, a pecuária extensiva emprega pouca mão-de-obra e provoca os "vazios humanos", causam a expulsão da população rural, concentrando pobreza, miséria e violência nas cidades que, na maioria dos casos, se encontram despreparadas para absorver esse contingente. Num primeiro plano, o destino das pessoas do campo é a cidade de Coreaú e, posteriormente, Sobral.

No mesmo sentido a aparente viabilidade econômica desse processo produtivo está intrinsecamente ligada à máxima disponibilidade de áreas de pasto, em muitos dos casos, em proporções menos densas que 1 cabeça de gado por hectare. Isto pressupõe a necessidade de formação de latifúndios, que em termos de Semi-Árido Brasileiro, principalmente em áreas com escassez de recursos vegetais, tal situação torna-se muito problemática.

O capim fica seco, de abril a setembro, tornando-se inadequado para alimentar o gado. Justamente nesse período ocorrem as queimadas.

O uso do fogo é uma prática de limpeza de pasto quase que obrigatória para o pecuarista, visto que os serviços de roçada são caros e inviáveis dentro desse sistema produtivo decadente.

Os pecuaristas além de contribuírem para a perversa estrutura fundiária, destroem nossas florestas transformando-as em pasto improdutivo, emitirem indiscriminadamente CO₂ na atmosfera com as sucessivas queimadas de pasto, destroem a fauna e flora, acelerarem os processos erosivos com o pisoteio do gado, ainda recebem "sinalizações financeiras governamentais" para promoverem a recuperação das áreas degradadas.

A pecuária extensiva, com um número de animais acima da capacidade de suporte do Semi-Árido, exerce uma pressão muito grande sobre a biodiversidade local, tanto pela eliminação lenta das plantas mais palatáveis, como pela compactação do solo devido ao pisoteio excessivo (MENDES, 1997). Quando a pecuária é realizada próximo aos rios a mata ciliar é suprimida totalmente (figura 29).

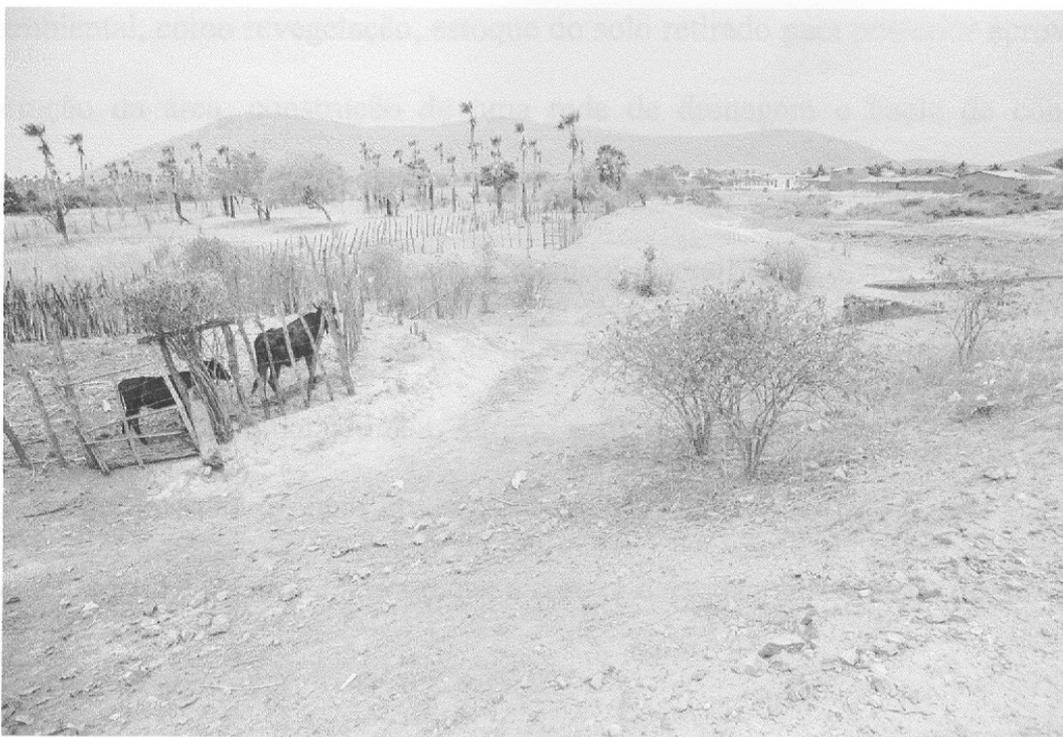


Figura 29. A pecuária extensiva, o desmatamento da mata ciliar e os currais construídos às margens do rio (dez/2007).

São necessários 10 a 25 hectares de terra com vegetação nativa para a manutenção de um bovino adulto, isto nos anos de chuvas, já que nas secas a pecuária extensiva torna-se inviável (MENDES, 1997).

O sobrepastoreio que leva a compactação do solo pelo pisoteio excessivo é um dos fatores que acelera o processo de desertificação, muito embora haja controvérsias sobre os efeitos da pecuária na degradação ambiental das regiões semi-áridas, principalmente quando se trata da ação de caprinos, considerados como agentes “criadores” de desertos (CONTI, 1995).

6.2.5. Extração Mineral e Formação de Áreas Degradadas

Os principais impactos provocados pela a extração do calcário são a retirada da vegetação nativa, erosão e o assoreamento de cursos d’água. Para reduzir esses danos, o primeiro passo é a realização de um planejamento de lavra, quando são definidas ações de

controle ambiental, como revegetação, estoque do solo retirado para posterior aproveitamento na recuperação da área, construção de uma rede de drenagem e bacia de contenção de sedimentos.

Como nenhum desses procedimentos técnicos é realizado, o que se vê na bacia é a enorme quantidade de áreas degradadas, as quais são constituídas pelas crateras deixadas em decorrência da extração mineral e seu entorno próximo, com a retirada da vegetação para facilitar o acesso ao calcário, bem como a entrada de caminhões (figura 30). Vale ressaltar, que a área degradada é sempre maior do que a cratera deixada pela extração do minério.



Figura 30. Área degradada pela extração de calcário na localidade dos Martins (Coreaú) (set/2007).

Em muitas lavras, foi constatado o uso inadequado de explosivos, o que torna o processo de desmonte da rocha sinônimo de risco de acidentes, além de ruídos elevados, vibrações no terreno e lançamento de pedras que já chegaram a atingir trabalhadores.

Com relação ao consumo de calcário pelas unidades de beneficiamento da bacia temos a seguinte situação. Cada unidade realiza em média uma queima por semana, totalizando uma

média de 48 por ano, quantidade essa que poderia ser maior se não fosse uma ligeira queda no período chuvoso pelo difícil acesso às áreas de extração de madeira e calcário.

Anualmente cerca de 34.560 m³ de calcário são consumidos pelas 19 UBC's existentes na bacia do rio Itacoatiara (figura 31), sem contar o estéril, na ordem de 10%. Cada processo de queima consome em média 6 "carradas" de calcário, contendo cada uma em média 6 m³, totalizando assim 36 m³ por queima. Este processo ocorre em média 48 vezes ao ano correspondendo a um consumo médio anual por UBC em torno de 1.728 m³ de calcário *in natura* que multiplicado por 20 unidades, considerando que o forno de cal possui uma capacidade quase duplicada. Considerando que a rocha é extraída manualmente numa profundidade não superior a 2 metros de profundidade, uma área de aproximadamente 2 hectares é degradada anualmente.

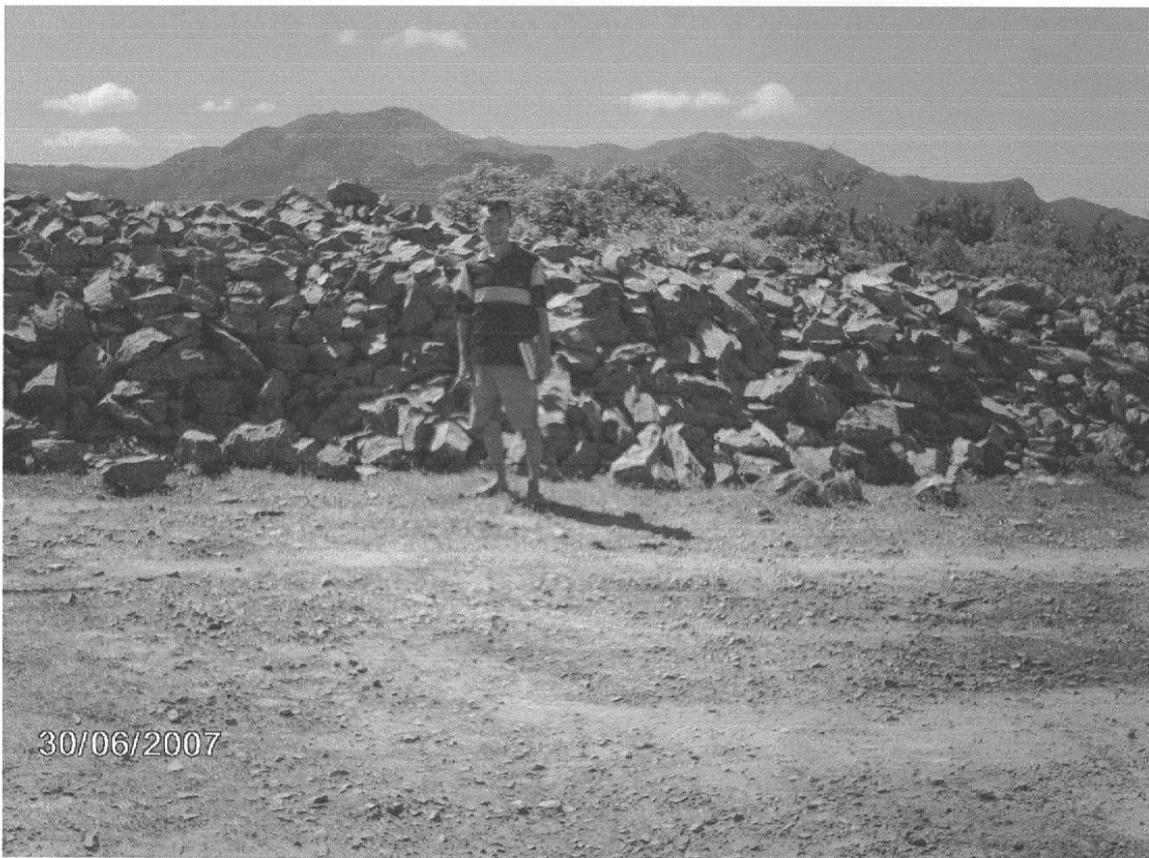


Figura 31. Estoque de calcário no pátio de uma caieira da localidade de Ponta da Serra (jul/2007)

A extração de calcário na bacia de forma mais intensa tem aproximadamente 20 anos. Nesse período, muitas unidades de beneficiamento de calcário foram abertas e outras tantas foram desativadas devido a escassez de lenha, a grande concorrência e o surgimento de novos produtos no mercado refletiram no baixo preço do produto final. Estima-se que em 20 anos, são extraídos um total aproximado de 1.036.800 m³ de calcário, totalizando uma área degradada descontínua de aproximadamente 51,84 hectares.

As lavras de extração de calcário da bacia do rio Itacoatiara são exploradas sem licenciamento ambiental, configurando-se, portanto, como atividades clandestinas uma vez que não possuem autorização do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. A única exceção nesse contexto é uma lavra de mármore situada na localidade de Pedra de Fogo (figura 00), a qual possui autorização do DNPM.

Quanto ao licenciamento, a exceção são duas áreas de extração mineral, uma de mármore, na localidade de Pedra de Fogo (figura 32) e outra de calcário, explorado pela fábrica de cimento Poty na divisa dos municípios de Coreaú e Sobral (figura 33).



Figura 32. Mina tecnificada de extração de mármore na localidade de Pedra de Fogo (set/2007).



Figura 33. Mina de calcário do grupo Votorantim, chegando a medir quase 2 km² (Fonte: Google Earth).

Como a extração de calcário e mármore das duas áreas em questão são mecanizadas, acarretando a retirada do minério em profundidades maiores, a área degradada pela extração acaba, em termos proporcionais, sendo menor que a área degradada pela extração manual para as caieiras espalhadas pela bacia do rio Itacoatiara.

Muito embora a mineração seja uma atividade de alto impacto ambiental, quando é realizado um plano de recuperação da área degradada e o conseqüente, monitoramento das medidas mitigadoras, os impactos ambientais são sensivelmente reduzidos quando segundo Kopezinski (2000), realiza-se:

- Aproveitamento de parte da vegetação nativa para construção de habitats naturais de pequenos animais silvestres;
- Remoção e armazenamento da camada de solo;
- Formação do depósito de bota-fora;
- Regularização de taludes.
- Arborização/revegetação;
- Controle dos processos erosivos.

6.2.6. Poluição Atmosférica: dióxido de carbono e material particulado de calcário

Na localidade de Pedra de Fogo, apresenta um sério problema quanto a localização das caieiras próxima as casas. Quando as mesmas estão queimando, a fumaça negra carregada de material particulado é lançado para dentro das casas até pelo fato das caieiras serem muito baixas (figura 34).

No processo de calcinação da rocha calcária, o Carbonato de Cálcio (CaCO_3) submetido a dilatação térmica com temperaturas de quase 1000°C desprende o CO_2 lançando-o na

atmosfera, resultando no final do processo a cal virgem (CaO) que logo após é hidratada, tornando-se o hidróxido de cálcio ou a cal pronta para ser comercializada.



Figura 34. Lançamento de dióxido de carbono e partículas de calcário na atmosfera (set/2007).

6.2.7. Insalubridade dos Processos de Extração e Beneficiamento do Calcário

A saúde dos trabalhadores é um dos mais sérios problemas de saúde pública, pois a precariedade das condições e a violência dos processos de trabalho determinam altos índices de morbi-mortalidade nesta área (ROQUAYROL & ALMEIDA FILHO, 1999).

A execução de atividades insalubres é uma das principais causas de doenças entre trabalhadores. A mineração quando não conduzida com responsabilidade é uma das atividades responsáveis por graves acidentes de trabalho ou aquisição de doenças silenciosas que irão apresentar os sintomas tempos depois, determinando o alto grau de insalubridade.

A atividade de extração e beneficiamento de calcário na bacia do rio Itacoatiara revela a elevada insalubridade da atividade para com seus trabalhadores, fato este atribuído em parte ao processo produtivo de fabricação da cal.

A ausência de equipamentos de proteção individual básicos (figura 35) como capacete, máscara, luva e bota, por exemplo, é perceptível em todas as etapas do processo produtivo, desde a extração até o escoamento da produção.

Como a atividade é realizada a céu aberto, a exposição excessiva ao sol e ao calor do forno das caieiras é uma realidade degradante. As temperaturas diurnas beiram os 40°C isso, adicionado às altas temperaturas dos fornos que se aproximam dos 1000°C, além da grande quantidade de vapor desprendida no processo de hidratação da cal. Essa exposição pode gerar sérios de pele, desde ressecamento até câncer.

Há também uma exposição excessiva por parte dos trabalhadores ao pó calcário e ao dióxido de carbono lançado pelas caieiras podendo ocasionar doenças respiratórias como tuberculose (ANDRADE, 2005).



Figura 35. Ausência de equipamentos individuais de proteção dos caieiristas (jul/2005).

No processo de extração do calcário do subsolo, é utilizado materiais explosivos artesanais, que quando não manuseados de forma correta e segura pode gerar a amputação de membros do corpo dos trabalhadores.

Como o processo produtivo é bastante rústico, o desprendimento de força humana é excessivo em todas as etapas. Na extração, além do uso de explosivos é realizada a extração manual, seguida da redução dos blocos para o empilhamento nas caieiras, realizado também manualmente, além de topo processo de transporte, seja da matéria-prima *in natura*, seja do produto final, as sacas de cal.

Por conta dessas condições de trabalho, o risco de acidentes é constante, principalmente, cortes com pontas de rocha, queimaduras no processo de hidratação da cal e chegando a casos extremos de mortes após o rompimento do cabo de aço que amarra a estrutura da caieira, levando ao soterramento do trabalhador pela rocha incandescente.

A insalubridade da atividade revela sua ilegalidade trabalhista, pois há o total descumprimento de obrigações trabalhistas como a assinatura da carteira profissional, além das baixas remunerações aos trabalhadores.

Todos esses fatores caracterizam o ambiente de trabalho como potencial fonte de doenças ou agravos à saúde dos trabalhadores. A situação se agrava quando os trabalhadores não percebem, por diversas razões, a insalubridade da atividade.

Um estudo realizado por Silva *et al.* (2007) com trabalhadores das caieiras do município de Frecheirinha, próxima a nossa área de estudo constatou a falta de percepção por parte dos trabalhadores em relação a insalubridade da atividade, pois percebeu-se uma relação entre a ausência de sintomas e a crença de que não há riscos à saúde, apesar de ser comum o relato de que muitos caieiros morreram no passado em decorrência da tuberculose.

Doenças pulmonares como as pneumoconioses são causadas pelo acúmulo de poeira nos pulmões e conseqüente reação tissular à presença dessas poeiras. É preciso considerar que o

aparecimento dos primeiros sintomas desse tipo de doença pode ocorrer até dez anos após a exposição. Portanto, é possível que sinais indicativos da doença só estejam presentes em um período tardio, o que pode colaborar para que esses trabalhadores não venham a aderir a medidas de proteção individuais, tendo em vista que não se consideram suscetíveis.

6.2.8. Estagnação Econômica, Desemprego e Êxodo Rural

Uma das causas da desertificação e o desemprego ou o subemprego na região que tem como consequência o intenso êxodo rural, principalmente, para o Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país.

A maioria da população da bacia é empregado no trabalho árduo e insalubre das caieiras, os quais consultados em entrevista afirmam só trabalharem nessa atividade por falta de outro trabalho melhor.

Só no ano de 2007, 1.159 pessoas migraram para os Estados de Mato Grosso, Paraná e São Paulo para trabalharem em galpões de soja, os quais foram enviados apenas por uma empresa paulista com escritório em Coreau. A maioria das pessoas são dos municípios de Coreau e Alcântaras.

A maioria dos migrantes são casados e com baixo nível de escolaridade e pela impossibilidade de oferecer uma vida digna à família na região pela falta de perspectiva de um emprego melhor, acabam migrando para outros Estados, sobretudo do Sudeste e Centro-Oeste do país.

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no diagnóstico físico-conservacionista através dos indicadores do processo de desertificação na bacia do rio Itacoatiara, região noroeste do Estado do Ceará, evidenciam a gravidade da degradação ambiental em consequência da extração e beneficiamento do calcário de forma rudimentar e predatória, sob o ponto de vista humano e ambiental.

O quadro ambiental no qual se encontra a bacia é resultado de interrelações existentes entre pobreza, insegurança alimentar, condições climáticas adversas, secas e pressão sobre os recursos naturais através do uso inadequado da terra. Todos esses fatores comportam-se ao mesmo tempo como reflexo e condicionante do processo de desertificação na bacia à medida que direta ou indiretamente todos contribuem em maior ou menor grau para o aumento da degradação ambiental na bacia.

É preciso ficar claro que tanto fatores de ordem natural como antrópico, local como regional explicam o atual quadro ambiental da bacia.

A localização a sotavento da serra da Meruoca-Rosário, a presença dominante de uma litologia cristalina e muitos afloramentos rochosos com pouca capacidade de retenção da água, além de solos rasos e pedregosos evidenciam a suscetibilidade natural da maior parte da bacia ao processo de degradação ambiental ao nível de desertificação.

Do outro lado, a intervenção humana na bacia está acelerando o processo de destruição, através da falta de planejamento ambiental e territorial, principalmente por meio da mineração e de todas as atividades direta ou indiretamente relacionadas como o desmatamento da Caatinga, a emissão de altas taxas de dióxido de carbono, o abandono das áreas de extração e

a ausência das garantias mínimas de segurança no trabalho e trabalhista, para ficar em apenas alguns exemplos.

A bacia dá sinais evidentes de esgotamento dos recursos naturais e declínio da qualidade de vida da população, como os baixíssimos salários e insalubridade empregados no setor de mineração que levam ao grande êxodo rural para cidade de Sobral e, principalmente para o Sudeste e Centro-Oeste do país; aumento do custo de produção da cal pelo baixo valor agregado ao produto e distância cada vez maior das áreas fonte de madeira e calcário, respectivamente, matriz energética e matéria-prima da atividade; indícios do aumento de doenças respiratórias e de óbitos associados à extração e beneficiamento do calcário por parte dos trabalhadores e moradores de residências próximas às UBC's; e, níveis alarmantes de supressão vegetal, seja para alimentar as caieiras ou os fogões caseiros de uma população que apresenta índices baixíssimos de escolaridade, acesso a tecnologias, entre outras carências básicas.

A degradação ambiental dos recursos naturais, mais especificamente, da vegetação de Caatinga e da rocha calcária são alarmantes.

A quantidade de lenha utilizada exclusivamente como matriz energética dos fornos chega a 1.200 m³ por UBC e 24.000 m³ nas 19 UBC's da bacia, totalizando uma área de quase 5 km² por ano. Quanto ao calcário, são consumidos anualmente cerca de 34.560 m³ pelas 19 UBC's, sem contar o estéril da ordem de 10%, totalizando uma área degradada de aproximadamente 2 hectares.

Mesmo com esse quadro ambiental alarmante nenhuma política pública a nível municipal, estadual ou federal é destinada ao setor e, mais especificamente à bacia, pois parte desse processo se deve a falta de investimento na área ambiental e má vontade por parte dos gestores públicos em administrar uma região que não obedecem critérios político-administrativos de divisão territorial, e sim critérios naturais, a bacia hidrográfica.

Faz-se necessário urgentemente uma reformulação do setor de mineração – extração, beneficiamento e comercialização – do calcário na região, através do incentivo à adoção de planos de manejo florestal por parte dos proprietários das UBC's e arrendatários de terra; planos de recuperação de áreas degradadas pela mineração; uma outra matriz energética menos poluente e mais eficiente para as UBC's; zoneamento ambiental para delimitação da área de possíveis novas UBC's; além do aproveitamento do calcário rejeitado após o processo de calcinação.

Aliado ao maior investimento e fiscalização no setor está a necessidade da geração de emprego e renda em outras áreas e setores da economia, como a apicultura incentivando a conservação da mata nativa e o reflorestamento; piscicultura, através do aproveitamento das cavas deixadas após a extração do minério; turismo científico-cultural fazendo da bacia e entorno ponto de visitação a litologias diversificadas, suítes magmáticas, cachoeiras, inscrições rupestres, quilombos, entre outros atrativos; além do investimento no artesanato mineral.

Vale ressaltar que a presença de grandes jazidas de calcário e de unidades de beneficiamento deste minério não se limita apenas à bacia em estudo, mas a todo o Médio Coreau, estendendo-se até a cidade de Frecheirinha e ao sopé do planalto da Ibiapaba, a oeste. Essa grande extensão demonstra a real necessidade de uma maior atenção e investimento na região, caso contrário um potencial natural poderá, em vez de gerar renda para a população, gerar mais degradação ambiental e pobreza.

Para a modificação do quadro ambiental da bacia do rio Itacoatiara e do Médio Coreau se faz necessária uma maior participação dos órgãos públicos estaduais e federais como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Ibama e Superintendência do Meio Ambiente do Estado do Ceará – Semace com a fiscalização na área ambiental; do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM na autorização e

fiscalização da exploração das jazidas de calcário; e do Ministério do Trabalho na fiscalização do cumprimento das normas trabalhistas.

Instituições de ensino e pesquisa como a Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, a Universidade Federal do Ceará – UFC e o Centro de Ensino Tecnológico do Estado do Ceará – Centec, todas localizadas em Sobral possuem um papel importante nesse processo à medida que detêm o conhecimento científico, além do conhecimento dos problemas e potencialidades regionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial. 2003.

ALBUQUERQUE, F. N. B. **Calcário, caieira e cal: Dinâmica das paisagens e organização espacial dos campos de calcário da depressão intermontano-planáltica do médio Coreau (CE)**. Sobral: UVA. Monografia (Bacharelado em Geografia). 2004. 120 f.

ANDRADE, J. K. C. **Diagnóstico sócio-ambiental da atividade de fabricação da cal em fornos artesanais no município de Frecheirinha/CE**. Fortaleza: UECE. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento em Meio Ambiente). 2005.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005.

ARAÚJO FILHO, J. A. O bioma Caatinga. *In*: FALCÃO SOBRINHO, J. & FALCÃO, C. L. C. **Semi-Árido: diversidades, fragilidades e potencialidades**. Sobral: Sobral Gráfica. 2006. p. 49-70.

_____ & CARVALHO, F. C. de. Desenvolvimento sustentado da Caatinga. *In*: ALVAREZ, V. *et al.* (orgs.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV-DPS. 1996. p. 125-233.

ARTICULAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO. **O Semi-Árido Brasileiro**. Disponível em: www.asabrazil.org.br. Acesso em: 12 maio 2008.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. UFSC. 1994.

BOTELHO, R. G. M. & SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. *In*: VITTE, A. C. & GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2004. p. 153-192.

BRASIL.MME. Projeto RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais**. Folhas 23/24 – Fortaleza. V. 21. 1981.

CARVALHO, F. C. Sustentabilidade de sistemas agroflorestais pecuários em ambientes semi-áridos. *In*: FALCÃO SOBRINHO, J. & FALCÃO, C. L. C. **Semi-Árido: diversidades, fragilidades e potencialidades**. Sobral: Sobral Gráfica. 2006. p. 71-107.

CARVALHO, J. O. **Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas no nordeste**. Brasília: Ministério do Interior-MINTER, 1973.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. *In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (orgs.). Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos.* 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2007. p. 93-148.

COGERH. **Bacia do Rio Coreaú.** Disponível em: www.cogerh.ce.gov.br. Acesso em: 21mar 2008.

CUNHA, L. H. & COELHO, M. C. N. Política e gestão ambiental. *In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. (orgs.). A questão ambiental – diferentes abordagens.* 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005. p. 43-80.

CONTI, J. B. **Desertificação nos trópicos – proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro.** São Paulo, USP, FFLCH – Departamento de Geografia. Tese de Livre Docência. 1995.

DANTAS, E. W. C.; ARAGÃO, R. F.; LIMA, E. L. V.; THÉRY, H. Nordeste brasileiro fragmentado: de uma região com bases naturais a uma fundamentação econômica. *In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J. A. (orgs). Litoral e sertão – natureza e sociedade no nordeste brasileiro.* Fortaleza: Expressão Gráfica. 2006. p. 23-44.

DIÁRIO DO NORDESTE. Cerâmica reduz em 80% o uso de lenha. **Jornal Diário do Nordeste,** Fortaleza, 29 out. 2008. Gestão Ambiental. p. 04.

ELIAS, D. Reestruturação produtiva da agricultura cearense: rumo à desintegração competitiva e à fragmentação do espaço agrário. *In: SILVA, J. B. et all. Ceará: um novo olhar geográfico.* Fortaleza: Demócrito Rocha. 2005. p. 429-462.

EMBRAPA/SUDENE. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Estado do Ceará.** Recife: Sudene/Embrapa. 1973.

FALCÃO SOBRINHO, J. & FALCÃO, C. L. C. Agricultura no semi-árido cearense e técnicas de monitoramento do processo erosivo. *In: FALCÃO SOBRINHO, J. & FALCÃO, C. L. C. Semi-Árido: diversidades, fragilidades e potencialidades.* Sobral: Sobral Gráfica. 2006. p. 144-165.

FAO. *Natural resources and the human environment for good and agriculture.* Environment Paper. nº 1 Roma. 1980.

FERNANDES, A. G. **Temas fitogeográficos.** Fortaleza: Stylus Comunicações. 1990.

FERREIRA, D. G. *et all.* **A desertificação no nordeste do Brasil.** Teresina: UFPI; Núcleo Desert. 1994.

FORNASARI FILHO, N.; LEITE, C. A. G.; PRANDINI, F. L.; AZEVEDO, R. M. B. Avaliação preliminar dos problemas causados pela mineração no meio ambiente no estado de São Paulo. *In: Congresso Brasileiro e Geologia de Engenharia,* 4, 1984, Belo Horizonte: ABGE, v. 1, p. 71-83, 1984.

FUNCEME. Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará. 2ª Aproximação. *In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,* Curitiba, 1993.

- FUNCEME. **Índice de aridez para o Ceará.** Disponível em: www.funceme.br. Acesso em:
- IBGE. **Semi-Árido Nordestino – 2007.** Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/Organizacao/Semi_Arido/Semi_Arido_Brasileiro.pdf. Acesso em: 02.set. 2008.
- IPECE. **Folha Frecheirinha.** Disponível em: www.ipece.ce.gov.br. Acesso em: 20 jan 2008.
- IPECE. **Ceará em mapas.** 2000.
- IPLANCE. **Atlas do Ceará.** Fortaleza. 1989.
- KOOPMANS, J. (org.). **Além do Eucalipto: O papel do extremo sul.** Vitória/ES: Grafita, 2005.
- KOPEZINSKI, I. **Mineração x meio ambiente: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores.** Porto Alegre: Ed. da UFRGS. 2000.
- LEMOS, J. J. S. Desertificação no semi-árido brasileiro. *In: Revista em Foco.* São Luís, n. 5. jan/jul. 2007.
- MAIA, G. N. **Caatinga - árvores e arbustos e suas utilidades.** São Paulo: Leitura & Arte. 2004.
- MATTALO JÚNIOR, H. A desertificação no Brasil. *In: OLIVEIRA, T. S. et all. (orgs.). Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido.* Fortaleza: UFC; Viçosa/MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000.
- _____. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas.** Brasília: UNESCO. 2001.
- MATTOS, L. C. Formulação de hipóteses na busca da sustentabilidade dos sistemas agrícolas. *In: OLIVEIRA, T. S. et all. (orgs.). Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido.* Fortaleza: UFC; Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000. p. 58-69.
- MENDES, B. V. **Alternativas tecnológicas para a agropecuária do semi-árido.** 2. ed. São Paulo: Nobel. 1985.
- _____. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semi-Árido.** 1. ed. Fortaleza: SEMACE. v. 1. 1997.
- MINEROPAR. **Minerais do Paraná.** Disponível em < <http://www.pr.gov.br/mineropar>>. Acesso em: 15 abr. 2005.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do Semi-Árido Brasileiro.** Brasília: MIN: Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. 2005.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Desertificação: caracterização e impactos.** Brasília: Projeto BRA 93/096. 1993.
- NAHASS, S. & SEVERIANO, J. **Calcário agrícola no Brasil.** Série estudos e documentos. Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/MTC. Brasília, 2003.

NUNES, L. A. P. L. Potencial de fertilidade de um Planossolo Solódicolocalizado em uma área em processo de desertificação em Irauçuba – CE. *In: XXIII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*. Anais.... Caxambu (MG): SBCS. 1998.

_____. O núcleo de desertificação de Irauçuba: limitações e fragilidades do solo. *In: FALCÃO SOBRINHO, J. & FALCÃO, C. L. C. Semi-Árido: diversidades, fragilidades e potencialidades*. Sobral: Sobral Gráfica. 2006. p. 108-143.

OLIVEIRA, V. P. V. A problemática da degradação dos recursos naturais no domínio dos sertões secos do Estado do Ceará – Brasil. *In: SILVA, J. B. et all. Litoral e sertão – natureza e sociedade no nordeste brasileiro*. Fortaleza: Expressão Gráfica. 2006. p. 209-222.

PILDAS, L. **História de Coreaú (1702-2002)**. Fortaleza: Expressão Gráfica. 2003.

PONTES, J. S. A. Granitos e mármores e ardósias dos estados do Ceará e Piauí. *In: SCHOBENHAUS, C. et all. (Coord.). Principais depósitos minerais do Brasil*. Brasília, 1991. v. 4. p. 455-461.

RODRIGUES, V. & MATALLO JÚNIOR, H. *et all. Processo de desertificação no Estado do Piauí*. Carta CEPRO, Teresina. V. 12, n. 2, p. 85-105, ago/dez. 1987.

ROQUAYROL, M. Z. & ALMEIDA FILHO, N. **Epidemiologia e saúde**. 5. ed. Rio de Janeiro: Medsi. 1999.

ROSS, J. L. S. **Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação**. *In: Revista do Departamento de Geografia FFLCH – USP*. n. 4. São Paulo. 1985.

SÁ, I. B. *et all.* Degradação ambiental e reabilitação natural do trópico semi-árido brasileiro. *In: Conferência Nacional e Seminário Latino Americano de Desertificação*. Fortaleza, CE. 1994.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond. 2000. (Idéias Sustentáveis).

SALES, M. C. L. & OLIVEIRA, J. G. B. Análise da degradação ambiental no núcleo de desertificação de Irauçuba. *In: SILVA, J. B. et all. Litoral e sertão – natureza e sociedade no nordeste brasileiro*. Fortaleza: Expressão Gráfica. 2006. p. 223-232.

SAMPAIO, J. L. F. As águas, a seca e o estado. *In: SILVA, J. B. et all. Ceará: um novo olhar geográfico*. Fortaleza: Demócrito Rocha. 2005. p. 463-476.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental – conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008.

SILVA, C. P.; RODRIGUES, A. B.; DIAS, M. S. A. **Percepção de caieiros quanto às conseqüências do trabalho no processo saúde-doença**. *In: Revista de Saúde Pública*. v. 41 n.5. São Paulo. out. 2007.

SILVA, E. V.; TELES, M. S. L.; VERÍSSIMO, M. E. Z.; PEREIRA, R. C. M. Caracterização dos elementos naturais da paisagem e utilização dos recursos naturais. *In: SAMPAIO, J. L. F.; VERÍSSIMO, M. E. Z.; SOUZA, M. S. (orgs.). A comunidade Tremembé: meio ambiente e qualidade de vida.* Fortaleza: INESP. 2002. p. 18-59.

SILVA, I. F. *et al.* Erodibilidade de seis solos do semi-árido paraibano obtido com chuvas simuladas e método nomográfico. *In: Revista Brasileira de Ciência do Solo.* Campinas, 10, 1986. p. 283-287.

SILVA, J. B. & CAVALCANTE, T. C. **Atlas escolar do Ceará: espaço geo-histórico e cultural.** 2. ed. Fortaleza: FCPC. 2004.

SOCIEDADE NORDESTINA DE ECOLOGIA. **Mapeamento da mata Atlântica, seus ecossistemas: Ceará.** Relatório Técnico. SNE. Recife-PE. 2002.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao estudo das unidades morfo-estruturais do Estado do Ceará. *In: Revista de Geologia,* v.1, Fortaleza: Edições UFC. 1988. p. 73-91.

_____. Contexto geoambiental do semi-árido do Ceará: problemas e perspectivas. *In: FALCÃO SOBRINHO, J. & FALCÃO, C. L. C. Semi-Árido: diversidades, fragilidades e potencialidades.* Sobral: Sobral Gráfica. 2006. p. 14-33.

SOUTO, J. J. **Experiência na região de Alegrete no Rio Grande do Sul.** *In: PEREIRA, V. P.* Solos altamente suscetíveis à erosão. 1994.

THOMAS, D. S. G. *The Nature of Arid Environments.* *In: THOMAS, D. S. G. Arid Zone Geomorphology.* London: Belhaven Press. 1989. p. 01-10.

THOMAZ, E. L. Avaliação de interceptação e precipitação interna em capoeira e floresta secundária em Guarapuava-PR. *In: Revista do Departamento de Geociências.* V. 14. n. 1. jan/jul. 2005. Disponível em: <http://www.geo.uel.br/revista>.

UNEP. *Status of Desertification and Implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification.* Nairóbi: UNEP. 1992.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **O deserto brasileiro.** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. 1974.

VELLOSO, A. L. *et al.* **Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga.** Resultados do Seminário de Planejamento Ecorregional da Caatinga. Aldeia-PE, 28 a 30 de novembro de 2001. Recife. Associação Plantas do Nordeste. The Nature Conservancy do Brasil. 2002.

VIOLA, E. O movimento ecológico no Brasil. *In: PÁDUA, J. A. Ecologia e política no Brasil.* Rio de Janeiro: IUPERJ. 1987.