



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS



TESE

RISCOS E VULNERABILIDADES – CAMPO PETROLÍFERO
CANTO DO AMARO, MOSSORÓ-RN

ANTONIO COSTA FILHO

CAMPINA GRANDE-PARAÍBA

SETEMBRO/2007



**RISCOS E VULNERABILIDADES – CAMPO PETROLÍFERO CANTO
DO AMARO, MOSSORÓ-RN**

ANTONIO COSTA FILHO

**RISCOS E VULNERABILIDADES – CAMPO PETROLÍFERO CANTO
DO AMARO, MOSSORÓ-RN**

Tese apresentada ao curso de Doutorado em Recursos Naturais do Programa de Pós – Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Doutor.

Área de Concentração: Sociedade e Recursos Naturais
Linha de Pesquisa: Gestão de Recursos Naturais

**PROF. DR, MARX PRESTES BARBOSA,
ORIENTADOR – UFCG/UAEAg**

**PROF. DR REINALDO ANTÔNIO PETTA
ORIENTADOR – UFRN/DG**

**CAMPINA GRANDE – PB
SETEMBRO/2007**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C837r Costa Filho, Antonio.

2007 Riscos e vulnerabilidades – campo petrolífero Canto do Amaro, Mossoró-RN / Antonio Costa Filho.— Campina Grande, 2007.

166f. : il. Color.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Dr. Marx Prestes Barbosa, Dr. Reinaldo Antonio Petta.

1. Riscos e vulnerabilidade. 2. Degradação das terras. 3. Exploração petrolífera I. Título.

CDU - 528.88:502.5(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS

ANTONIO COSTA FILHO

RISCOS E VULNERABILIDADES – CAMPO PETROLÍFERO CANTO DO AMARO,
MOSSORÓ-RN

APROVADA EM: 21/09/2007

BANCA EXAMINADORA

Marx Prestes Barbosa

Dr. MARX PRESTES BARBOSA

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Reinaldo Antônio Petta

Dr. REINALDO ANTÔNIO PETTA

Centro de Tecnologia - CT
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Lanusse Salim Rocha Tuma

Dr. LANUSSE SALIM ROCHA TUMA

Centro de Humanidades - CH
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB

Celsemey Eleutério Maia

Dr. CELSEMY ELEUTÉRIO MAIA

Departamento de Ciências Agrárias - DCA
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

Clodoaldo Roque DallaJustina Bortoluzi

Dr. CLODOALDO ROQUE DALLAJUSTINA BORTOLUZI

Centro de Humanidades - CH
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

José Dantas Neto

Dr. JOSÉ DANTAS NETO

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Aos meus filhos Antonio Henrique, Cristine e Fernanda.

A minha família e principalmente ao meu pai

Antonio Bezerra da Costa (in memoriam)

e meu irmão Roberto Wagner da Costa (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

À **Deus** pela sua bondade, misericórdia e amor, e pela capacidade que me concedeu de elaborar este trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. **Marx Prestes Barbosa**, pela competência, dedicação, paciência, pela disposição, orientação acadêmica e principalmente pela amizade.

Ao Prof. Dr. **Reinaldo Antônio Petta** meu orientador externo, do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela sua amizade e contribuição durante a realização desta pesquisa.

Ao Dr. **Maurício de Oliveira** (*in memoriam*) professor do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) – Mossoró-RN (antiga ESAM), pela sua amizade e contribuição para realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. **José Dantas Neto** pelos ensinamentos ministrados e contribuição durante o presente trabalho

Aos professores **Dr. Clodoaldo Roque Dalajustina. Bortoluzi, Dr. João Miguel de Moraes Neto, Dr. Vishwamblar Nath Agrawal, Dr. Aarão Andrade Lima e Dr^a. Annemarie König**, pela colaboração e amizade.

Aos amigos **Maridete Saraiva Correia, Maria de Fátima Fernandes, Miguel José da Silva e Davi Oliveira dos Santos, Claudenor Araújo da Silva**, pelo permanente incentivo, colaboração, amizade e convívio profissional.

Aos colegas, **Alexsandro Silva Falcão, Elisângela Soares Amaral, Tatiana Machado Brandão, Tiago Sarmiento Leite, Vinicius Nascimento Almeida, Daniele Câmara Alexandre Morais, José Vinicius Carneiro da Costa, Mileide Almeida Borges de Freitas, Luciano Barreto Mendes, José Sebastião Costa de Sousa, Regis Isael da Silva, José Nilton Silva**, alunos dos cursos de Engenharia de Minas, Agrícola, Elétrica e Química pela participação e auxílio durante a execução deste trabalho.

A Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia (**UAMG**), representados pelos seus dedicados professores e funcionários, pela oportunidade que me concedeu na realização deste trabalho, a Coordenação do Curso de Doutorado em Recursos Naturais do **CTRN/UFCG** por tornar possível a realização do presente curso.

À Universidade Federal de Campina Grande (**UFCG**), ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (**CTRN**), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (**CNPq**), a Financiadora de Estudos e Projetos (**FINEP**), a Petróleo Brasileiro

S.A. – **PETROBRÁS**, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**), à Fundação Parque Tecnológico da Paraíba (**PaqTc**), a Associação Técnica Científica Ernesto Luiz de Oliveira (**ATECEL**), pelo apoio oferecido para execução desta pesquisa científica.

A todos os demais que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para que este trabalho se concretizasse.

E, por fim, as duas mulheres extraordinárias que transformaram minha vida. Em primeiro lugar minha mãe, Mariazinha Costa, que é um exemplo de mulher. E a minha esposa, Inacilda, que é sem dúvida a mulher mais incrível que já conheci.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS	xv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I	
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa e Relevância	4
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivos gerais	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	6
CAPÍTULO II	
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	7
2.1 O Município de Mossoró-RN.....	7
2.2 Localização e vias de acesso	10
2.3 Caracterizações Fisiográficas	11
2.3.1 Aspectos climáticos	11
2.3.2 Geomorfologia.....	11
2.3.3 Cobertura vegetal.....	12
2.3.4 Vulnerabilidade ambiental e natural.....	13
2.3.5 Recursos hídricos.....	14
2.3.6 Solos	16
CAPÍTULO III	
3. CONTEXTO GEOLÓGICO	21
3.1 Geologia Regional	21
3.2 Geologia Local	28
CAPÍTULO IV	
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	31
4.1 Riscos Ambientais	31
4.1.1 Apresentação	31
4.1.2 Conceituação	32
4.2 Riscos e Vulnerabilidades	34

4.2.1 Dos riscos às vulnerabilidades de dutovia.....	38
4.2.2 Riscos e vulnerabilidades da infra-estrutura exploratória do campo Canto do Amaro	39
4.3 Degradação das Terras e Desertificação.....	42
4.4 Geoprocessamento	47
4.5 Sistema de Informações Geográficas (SIG)	49
4.5.1 Conceituação	50
4.6 Sensoriamento Remoto.....	52
4.6.1 Conceituação	54
4.6.2 Radiação eletromagnética (REM)	56
4.6.3 Espectro eletromagnético	59
4.6.4 Processamento Digital de Imagem (PDI).....	63
4.7 Sistema de Posicionamento Global – GPS	68
CAPÍTULO V	
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	71
CAPÍTULO VI	
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
6.1 Riscos na exploração de petróleo no campo Canto do Amaro	79
6.1.1 Riscos nas linhas de produção	79
6.1.2 Risco a degradação das terras.....	86
6.1.4 Risco de contaminação do solo	106
6.1.4.1 Risco de contaminação do lençol freático por infiltração de óleo.....	109
6.2 Vulnerabilidades no campo petrolífero Canto do Amaro.....	113
6.2.1 Diagnóstico socioeconômico e ambiental	113
6.2.1.1 Vulnerabilidade Social	114
6.2.1.2 Vulnerabilidade Econômica	120
6.2.1.3 Vulnerabilidade Tecnológica.....	122
6.2.1.4 Vulnerabilidade à Seca	123
CAPÍTULO VII	
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	126
7.1 Conclusões.....	126
7.2 Recomendações	128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
APÊNDICES	
Apêndice A – Tabelas da Infiltração Acumulada e da velocidade de infiltração de água e óleo	141

ANEXOS

ANEXO A – Análise de Solo	150
ANEXO B – Questionário aplicado às famílias Rurais do Município de Mossoró - RN	157
ANEXO C – Modelo do Certificado	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Mapa das Microrregiões Homogêneas do Rio Grande do Norte.....	8
Figura 2.2 – Mapa de localização da área de pesquisa e imagem Spot, mostrando o Campo de Mossoró (RN), com áreas de concentração de poços de exploração de petróleo e dutos	10
Figura 2.3 – Mapa da Bacia Hidrográfica Apodi – Mossoró.....	15
Figura 2.4 – Mapa das Zonas Homogêneas do Rio Grande do Norte.....	17
Figura 2.5 – Mapa de solos da Zona Homogênea Mossoroense.....	18
Figura 3.1 – Bacia Potiguar	22
Figura 3.2 – Mapa de localização e arcabouço tectônico do embasamento da Bacia Potiguar	23
Figura 3.3 – Carta Estratigráfica da Bacia Potiguar	24
Figura 3.4 – Sistema de rifts cretáceos do Nordeste brasileiro originados em resposta ao processo de estiramento e afinamento crustal atuante na região durante a fragmentação do Gondwana.....	26
Figura 3.5 – Mapa de arcabouço estrutural da Bacia Potiguar	28
Figura 4.1 – Classificação de riscos ambientais (Cerri & Amaral, 1998).....	34
Figura 4.2 – Arquitetura geral de Sistemas de Informação Geográfica	52
Figura 4.3 – Onda Eletromagnética.....	56
Figura 4.4 – Interações da Radiação Eletromagnética	58
Figura 4.5 – Interação básica da energia eletromagnética com uma feição da superfície terrestre	59
Figura 4.6 – Espectro Eletromagnético	59
Figura 4.7 – Curvas características da reflectância espectral para os principais alvos da Superfície terrestre: água, vegetação e solo.....	61
Figura 4.8 – Etapas do processamento digital de imagens	64
Figura 4.9 – Representação gráfica do espaço de atributos de cores IHS.....	66

Figura 4.10 – Etapas do processo de segmentação de imagens.....	67
Figura 4.11 – Constelação de satélites GPS	69
Figura 5.1 – Cilindros infiltrômetro de anel.....	75
Figura 5.2 – Aplicação dos questionários de avaliação sobre os diagnósticos socioeconômicos e ambientais às famílias da região em estudo.....	77
Figura 6.1 – Linhas de produção com sinalização precária.....	80
Figura 6.2 – Linhas de produção sem estar de acordo com as normas de segurança.....	80
Figura 6.3 – Linha de produção ao longo de uma estrada da área em situação de risco.....	81
Figura 6.4 – Risco observado no cruzamento das linhas de produção com as estradas e sem sinalização ou de serviço	81
Figura 6.5 – Risco das linhas de produção depositadas diretamente sobre o solo. Ponto próximo ao poço CAM-490 (x = 699.207 ; y = 9.431.611)	81
Figura 6.6 – Linha de produção do poço CAM-268. Deterioração dos cavaletes de ferro pela água do mar	82
Figura 6.7 – Aspectos de deteriorização dos cavaletes de sustentação e duto em risco de corrosão pela água do mar	82
Figura 6.8 – Alta vulnerabilidade da estrutura de exploração, observada às margem do estuário dos rios Apodi-Mossoró.....	82
Figura 6.9 – Cabo de energia elétrica solto no o solo, sobre o qual há tráfico de veículos.....	83
Figura 6.10 – O óleo jorrado atinge a instalação elétrica da estação automática de transmissão de dados.....	84
Figura 6.11 – Equipe de emergência em ação no poço CAM - 514.....	84
Figura 6.12 – Cisterna entupida com acumulo de óleo, com risco de incêndio e de infiltração no solo	84
Figura 6.13 – As estações coletoras apresentam vulnerabilidades de suas estruturas e riscos a acidentes.	84
Figura 6.14 – Poço CAM-197. Avanço do processo erosivo, pela erosão laminar e por sulcos incipientes.....	85
Figura 6.15 – Poço CAM - 197. Detalhe da estrutura de segurança do poço. Nota-se que o portão está trancado por um cadeado. A cisterna está limpa e a estrutura está bem conservada	85
Figura 6.16 – Poço que aparentemente está dentro das normas de segurança	85
Figura 6.17 – Detalhe da estrutura de segurança do poço	85

Figura 6.18 – Caprinos pastam junto a um dos poços. Segundo relato de moradores é comum acidentes com animais, pois os mesmos sobem nos cavalos.....	86
Figura 6.19 – Área de pecuária, onde a estrutura do poço encontra-se fora das normas de segurança.....	86
Figura 6.20 – Imagem SPOT Combinação RGB, mostra para toda a área, desenvolvimento de uma vegetação +/- densa, com poucas áreas de solos expostos.....	88
Figura 6.21 – Imagem SPOT Composição multiespectrais ajustada, mostrou também o desenvolvimento de uma vegetação +/- densa em toda a área, porém realçou um maior número de ocorrências de solos expostos.....	89
Figura 6.22 – Imagem SPOT Componente Principal 1 (PC1) realçou as áreas de uso, áreas urbanas, as áreas salinas e a rede viária.....	90
Figura 6.23 – Imagem SPOT Componente principal 2 (PC2), realçou as áreas de uso agrícola nos limites do campo Canto do Amaro.....	91
Figura 6.24 – Imagem SPOT componente Principal 3 (PC3) realçou, a localização dos poços, as estradas e áreas de erosão dos solos dentro do campo.....	92
Figura 6.25 – Imagem SPOT – RGB: PC1, PC2 e PC3, realçou uma diferenciação da vegetação.....	93
Figura 6.26 – Banda 5 do TM/Landsat-7 (A) e parte da imagem segmentada 5 x 5 (B).....	95
Figura 6.27 – Mapa da cobertura vegetal do campo Canto do Amaro.....	96
Figura 6.28 – Exemplos de cobertura vegetal no campo Canto do Amaro: A - classe semidensa a densa; B – classe semidensa; C – classe solo + vegetação rala; D – extensas manchas de solo exposto com presença de uma rala cobertura por carnaúbas.....	97
Figura 6.29 – Áreas agrícolas. (A) – Fruticultura. (B) – Pecuária.....	97
Figura 6.30 – Nível de degradação muito grave. (A) erosão laminar; (B) – voçoroca. Proximidades da sub-estação Serra Vermelha e do poço CAM - 490.....	98
Figura 6.31 – Projeto “Recuperação de Áreas Degradadas” nas proximidades do poço AP-012. Este projeto é de responsabilidade da PETROBRAS, em convênio com a UFRN e a CEMAD. Na foto (A) observa-se a delimitação do projeto. Na foto (B) observa-se vestígios de queimada recente dentro do projeto.....	98
Figura 6.32 – Próximo ao poço CAM 490, em área de ocorrência do nível moderado de degradação das terras, foi encontrada uma voçoroca profunda de +/- 10 metros de profundidade.....	99

Figura 6.33 – Aspecto geral da vegetação na área de ocorrência do nível de degradação das terras com nível moderado. Nota-se que através da vegetação pode-se ver o solo exposto, com tons avermelhado.....	99
Figura 6.34 – Aspecto de uma das áreas de ocorrência do nível de degradação das terras grave. Vegetação pode variar de arbustiva semi-densa a rala até um tipo de capoeirão e campos, com manchas de solo exposto. A erosão é laminar e por sulcos.....	99
Figura 6.35 – Mapa dos níveis de degradação das terras da região do campo do Canto do Amaro.	101
Figura 6.36 – Em (A) estão indicados sobre a imagem IKONOS, banda 1, os principais elementos que compõem as evidências da erosão da margem direita do estuário pelas águas das marés altas, nos limites do campo petrolífero Canto do Amaro. Em (B) detalhe da área estudada.	103
Figura 6.37 – Mapa fotointerpretativo da área afetada pela erosão da margem direita do estuário dos rios Apodi e Mossoró nos limites do campo petrolífero Canto do Amaro.....	104
Figura 6.38 – Área do estuário dos rios Mossoró-Apodi durante a maré baixa. A ilha que se formou junto a margem (detalhe), com resquícios da vegetação de caatinga é uma das evidências do avanço do mar sobre o continente. A linha de produção (duto) do poço CAM - 224 está vulnerável a este avanço e em risco de ser corroída pelo sal e provocar um desastre por vazamento de óleo.....	105
Figura 6.39 – Outro aspecto do avanço do	105
Figura 6.40 – Outro aspecto do avanço do mar na região do poço CAM - 268.....	105
Figura 6.41 – Nas vizinhanças do poço CAM - 224. Detalhe da ação da água do mar na vegetação de caatinga, onde está ocorrendo a erosão da linha de costa.....	105
Figura – 6.42 – Mapa fotointerpretativo das unidades de mapeamento de solo. do campo petrolífero Canto do Amaro.....	108
Figura 6.43 – Ponto X-5 – Neossolos Litólicos. (A) Realização da coleta da amostra de solo com trado. (B) Ensaio de infiltração (Infiltrômetro de anel).....	109
Figura 6.44 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Neossolos Flúvicos)	110
Figura 6.45 – Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Neossolos Flúvicos)	110
Figura 6.46 – Infiltração acumulada da água em função do tempo (Cambissolos Háplicos + Neossolos Flúvicos).....	110

Figura 6.47 – Velocidade de infiltração da água em função do tempo (Cambissolos Háplicos + Neossolos Flúvicos)	110
Figura 6.48 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Gleissolos Tiomórficos).....	111
Figura 6.49 – Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Gleissolos Tiomórficos).....	111
Figura 6.50 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Cambissolos Háplicos + Neossolos Litólicos).....	111
Figura 6.51– Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Cambissolos Háplicos + Neossolos Litólicos).....	111
Figura 6.52 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Argissolos Vermelho Amarelo + Neossolos Litólicos).....	112
Figura 6.53 – Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Argissolos Vermelho Amarelo + Neossolos Litólicos)	112
Figura 6.54 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Latosolos Vermelho Amarelo + Neossolos Quartzarêmicos).....	112
Figura 6.55 – Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Latosolos Vermelho Amarelo + Neossolos Quartzarêmicos)	112
Figura 6.56 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Latosolos Vermelho Amarelo).....	113
Figura 6.57 – Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Latosolos Vermelho Amarelo)	113
Figura 6.58 – Escolaridade das famílias.....	114
Figura 6.59 – Tipos de habitação (A) e Tipo de consumo de energia para cozimento (B)...	115
Figura 6.60 – Tipos de água consumida (A) e Tipo de saneamento utilizado (B).....	116
Figura 6.61 - Queima de lixo junto a um duto de produção	116
Figura 6.62 – Formas de eliminação do lixo utilizadas (A), Tipo de piso utilizado (B).....	117
Figura 6.63 – Tipo de eletrodomésticos utilizados pelas famílias na comunidade rural Canto do Amaro, Município de Mossoró-RN.....	117
Figura 6.64 – Vulnerabilidade Social.....	119
Figura 6.65 – (A) Aspecto da população e das Moradias (B) Aspecto do interior das moradias	119
Figura 6.66 – Lixo a céu aberto e casas de taipa	119

Figura 6.67 – Animais de Produção citados pelas famílias na zona rural.....	120
Figura 6.68 – Fator de Vulnerabilidade Econômica.....	122
Figura 6.69 – Fator de Vulnerabilidade Tecnológica.....	123
Figura 6.70 – Formas de armazenamento de água (A) Fontes de água utilizadas (B) pelas famílias da comunidade rural Canto do Amaro, Município de Mossoró-RN.	123
Figura 6.71 – Formas de abastecimento domiciliar da comunidade rural.....	124
Figura 6.72 – Agricultura de sequeiro na comunidade rural.....	124
Figura 6.73 – Fator de Vulnerabilidade as Secas	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Sumário das principais aplicações de algumas regiões do espectro eletromagnético	60
Tabela 5.1 – Classes de Vulnerabilidades	78
Tabela 6.1 – Características interpretativas dos níveis de degradação das terras no campo petrolífero Canto do Amaro.....	86
Tabela 6.2 – Características fotomórficas das classes de cobertura vegetal no campo petrolífero Canto do Amaro.....	94
Tabela 6.3 – Classes de níveis de degradação das terras no campo Canto do Amaro	98
Tabela 6.4 – Características físicas dos níveis de degradação das terras do campo petrolífero Canto do Amaro	100
Tabela 6.5 – Características físicas dos solos analisados no campo Canto do Amaro.....	106
Tabela 6.6 – Classificação textural dos solos analisados no campo Canto do Amaro	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AL – Alagoas
ANP – Agencia Nacional de Petróleo
AP– Alto da Pedra
ASD – Áreas Susceptíveis à Desertificação
ATECEL – Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira
BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento
BIRD – Banco Internacional de Reconstrução e Fomento; World Bank – Banco Mundial
CAM – Canto do Amaro
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
Cc – Capacidade de Campo
CCD – Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação
CE – Ceará
CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica
CEPAL – Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe
CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa
CNUMA – Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente
COEX – Comitê Executivo de Fitossanidade do Rio Grande do Norte
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CTA – Capacidade Total de Água no Solo
CTRM – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
CX – Cambissolo Háptico
Da – Densidade Aparente
DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
DPI – Processamento Digital de Imagens
DSG – Divisão de Serviço Geográfico
DTA – Disponibilidade total de Água do Solo
EIAD – Estrategia Internacional para la Reducción de desastres
EIRD – Estratégia Internacional para a Redução de Desastres
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Eng^o. – Engenheiro
ESAM – Escola Superior de Agricultura de Mossoró-RN
EUA – Estados Unidos da América
FAPEF – Fotografia Aéreas de Pequeno Formato
FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
GASBOL – Gasoduto Brasil/Bolívia
GASFOR – Gasoduto do Ceará
GIS – Geographic Information System
GJ – Gleissolo Tiomórfico
GLP – Gás liquefeito de Petróleo
GPS – Global Positioning System – Sistema de Posicionamento Global
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ID – Índice de desenvolvimento
IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano
IHS – Intensity, Hue e Saturation (Intensidade, Matiz ou Cor e Saturação)
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPH – Índice de Pobreza Humana
IV – Infravermelho
NDVI – Índice Normalizado de Diferença de Vegetação
LA RED – Rede de Estudos Sociais para a Prevenção de Desastres na América Latina
LANDSAT – Earth Resources Technology Satellite – Satélite de recursos Naturais
ERTS – Earth Resources Technology Satellite
LEGAL – Linguagem Espaço Geográfico
LVA – Latossolo Vermelho Amarelo
MD – Chernossolo Rêndzico
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MME – Ministério de Minas e Energia
MMS – Multispectral Scanner – Sistema Imageador Multiespectral de Varredura
NAVSTAR – Navigation Satellite with Time and Ranging or Global Positioning System

NDVI – Índice de Diferenciação de Vegetação Normalizada
ONG – Organização Não-Governamental
ONU – Organização das Nações Unidas
PACD – Plano de Ação de Combate à Desertificação
PaqTcPB – Fundação Parque Tecnológico da Paraíba
PCA – Componentes Principais
PE – Pernambuco
PMM – Prefeitura Municipal de Mossoró-RN
Pm – Ponto de Murchamento
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRONAF – Programa Nacional de fortalecimento da Agricultura Familiar
PVA – Argissolo Vermelho Amarelo
RADAMBRASIL – Projeto do Ministério de Minas e Energia
REM – Radiação Eletromagnética
RGB – (Red, Green e Blue) Cores primárias (Vermelho, Verde e Azul)
RL – Neossolo Litólico
RJ – Rio de Janeiro
RN – Rio Grande do Norte
RQ – Neossolo Quartzarênico
RU – Neossolo Flúvico
SCARTA – Software de Produção Cartográfica (módulo de SPRING)
SE – Sudeste
SMS – Política de Segurança, Meio Ambiente e Saúde
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SISCAV – Sistema de Cálculo de Vulnerabilidade
SITIM – Sistema de Tratamento de Imagens
SP – São Paulo
SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SPOT – Satellite Pour l’Observation de la Terra
SR – Sensoriamento Remoto
SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TM – Thematic Mapper; Mapa Temático
UAEAg – Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola

UAMG – Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia
UFMG – Universidade Federal de Campina Grande
UFPB – Universidade Federal da Paraíba
UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi - Árido
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UTM – Universal Transversa de Mercator
UV – Ultravioleta
VI – Velocidade de Infiltração
VIa – Velocidade de Infiltração da água
VIB – Velocidade de Infiltração Básica
E – Leste
N – Norte
NE – Nordeste
NW – Noroeste
S – Sul
SE – Sudeste
SW – Sudoeste
W – Oeste

LISTA DE SÍMBOLOS

%	– Porcentagem
(°)	– Graus
'	– Minuto
"	– Segundo
°C.	– Graus Celsius
μm	– Micrômetro
0° K	– Zero grau kelvin
c	– Velocidade da luz
cm	– Centímetro
E _a	– Energia absorvida
E _i	– Energia incidente
E _r	– Energia refletida
E _t	– Energia transmitida
f	– Frequência
G	– giga
I	– Infiltração da água no solo
I ₀	– Infiltração da água no solo
km	– Quilômetro
km ²	– Quilômetro Quadrado
M	– mega
m	– Metro
M.a.	– Milhões de anos
m ³	– metros cúbicos
mm	– Milímetro
nm	– Nanômetro
n°.	– Número
T	– Tera
V	– Volume
λ	– Comprimento de onda

RESUMO

A área de pesquisa, o campo petrolífero Canto do Amaro, compreende uma área de aproximadamente 127,37 km², concentra mais de 1.600 poços de petróleo em exploração no município de Mossoró-RN e encontra-se inserida na Microrregião Geográfica de Mossoró, na porção mais oriental do Nordeste do Brasil, a Bacia Potiguar. O município de Mossoró tem uma área de 2.108,9 km², com uma população de 213.841 habitantes, com temperaturas, mínimas de 22,5 °C, média e máxima 33,3 °C. O relevo é caracterizado por uma superfície plana com altitude média de 16 metros e a pluviometria média é de 600 mm/ano. A metodologia do trabalho baseou-se na análise e descrição das condições de toda infraestrutura da PETROBRÁS para extração do óleo, definindo-se os riscos ao meio ambiente e à população local. Foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT, IKONOS e SPOT para a avaliação da degradação das terras. Na área observaram-se fortes marcas da atividade humana no processo da degradação das terras onde a dinâmica natural tem sido negligenciada. Na avaliação das imagens definiram-se três níveis de degradação das terras: Moderado, Grave e Muito Grave. As exposições de solos nus são, no geral, áreas de empréstimo de terras usadas para construção das bases das estruturas de exploração do petróleo, de estradas, de aterros e outras construções, onde não existem trabalho de conservação e recuperação, e os processos erosivos progridem rapidamente formando-se desde sulcos até voçorocas profundas. Apesar de ser uma área de uso agrícola, com predominância da pecuária extensiva, o principal agente degradador das terras tem sido a exploração petrolífera. Através das imagens de satélite IKONOS foi avaliado a erosão na margem do estuário dos rios Apodi/Mossoró. O processo de erosão observado na área envolve não somente as questões da mudança climática global e geológica, mas mostra ter uma relação direta com as atividades humanas na região, como a exploração do petróleo. Foram coletadas 7 amostras de solos para análise dos riscos à infiltração de óleo, para as quais foram determinados os valores da DTA, que para 57% solos está acima da média de 1,41 mm/cm, e apresentando uma textura franco-arenosa e areia franca para os 43% restantes, cujas DTA foram menores que 0,86 mm/cm. Os testes de infiltração de água/óleo nesses solos mostraram que a VIB da água é alta a muito alta e a do óleo foi de baixa a média. Foram aplicados questionários a 10% das famílias da comunidade para caracterizar o perfil socioeconômico e ambiental da população local. A região está submetida à intensa pressão antrópica em consequência das atividades das indústrias petrolífera e salineira e atividades agropastoris. As análises dos diagnósticos mostraram que a vulnerabilidade social global da população é da ordem de 66%, índice considerado inaceitável, que traduz a baixa escolaridade, as precárias condições de moradia, baixa renda, deficiência da infra-estrutura hídrica, a baixa capacidade da percepção ambiental, a degradação das terras, etc. Essa vulnerabilidade é ocasionada pela falta de políticas públicas para o desenvolvimento ambientalmente sustentável, que vise à diminuição dos riscos, com inclusão social e proteção ambiental. Entre outras a pesquisa concluiu que a indústria petrolífera precisa urgentemente tomar medidas para a diminuição dos riscos, pois os solos com textura franco-arenosa e areia franca deixam o lençol freático vulnerável a derrames de óleo, que não são pouco freqüentes na área, como também ser mais rigorosa na observação das normas de proteção na exploração petrolífera. Com relação ao estuário Apodi/Mossoró as estruturas devem ser construídas de modo a não desequilibrar a dinâmica do mesmo.

Palavras-chave: Riscos e vulnerabilidades, degradação das terras, exploração petrolífera.

ABSTRACT

The study area, the petroliferous field Canto do Amaro, have an area of approximately 127,37 km², concentrates more than 1.600 wells of oil exploration, is located in the municipality of Mossoró-RN in the Geographic Micro region of Mossoró, in the most eastern portion of the Northeast Brazil, the Potiguar Basin. The city of Mossoró has an area of 2.108,9 km², with a population of 213.841 inhabitants. The average temperature is of 33 °C with minimums of 22,5 °C. The relief is characterized by a plain surface with average altitude of 16 meters and the rainfall average is of 600 mm/y. The methodology was based on the comment and description of the conditions of all infrastructures of PETROBRÁS for oil exploration, defining the risks to the environment and local population. Landsat, IKONOS and SPOT images were used for the evaluation of the land degradation. In the area strong marks of the human activity had been observed in the process of land degradation where the natural dynamics has been neglected. In the evaluation of the images three levels land degradation had been defined: Moderate, Serious and Very Serious. The soil exposed are, in general, areas of extracting of material for construction of the bases of the exploration oil structures, roads and other constructions, where works for conservation and recovery do not exist and the erosive processes progress quickly. Although to be an area of agricultural use, with extensive cattle raising, the main land degrading agent has been the petroliferous exploration. On bases of the use of the images of satellite IKONOS the erosion in the edge of the estuary of the Apodi/Mossoró rivers was evaluated. The process of erosion observed in the area, not only involves the questions of the global climatic change and geologic, but it shows to have a direct relation with the activities human beings in the region, as the oil exploration. 7 soils samples had been collected for risks analyze to oil infiltration, for which the values of the DTA had been determined. The DTA of 57% of the soils are above of the average of 1,41 mm/cm showing an loamy sand texture and sandy loam for 43% remains, whose DTA had been minors of 0,86 mm/cm. The test of water/oil infiltration in these soils had shown that the VIB for water is high to very high one for the oil was of low to medium. Questionnaires had been applied to 10% of the families of the community to characterize the socioeconomic and environmental profile of the local population. The region is submitted to the intense anthropic pressure in consequence of the activities of the petroliferous and salt industries and agriculture activities. The analyses of the diagnostic had shown that the social global vulnerability of the population is of 66%, index considered unacceptable, that translates low education, the precarious conditions of housing, low income, water infrastructure deficiency, low ambient perception capacity, land degradation, etc. This vulnerability is caused by the lack of public policies for the environmental sustainable development, that aims the risks reduction, with social inclusion and environmental protection. Among others the research concluded that the petroliferous industry urgently needs to take measures for the risks reduction, therefore the soil with loamy sand and sandy loam texture leave the ground water vulnerable to oil spills, that are not little frequent in the area, as also to be more rigorous in the comment of the norms of protection in petroliferous exploration. With relation to the Apodi/Mossoró estuary the structures must be constructed in order to not unbalance its dynamics.

Keywords: Risks and vulnerabilities, land degradation, petroliferous exploration

CAPITULO I

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a preocupação com meio ambiente vem aumentando, não só a nível mundial mais também no nosso país. Em 1992 realizou-se no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento sustentável, ocasião em que o problema ambiental ocupou importante espaço nos meios de comunicação mundial. Como resultado desta conferência foi elaborado a Agenda 21 Global, que representa um compromisso político das Nações de agir em cooperação e harmonia na busca do desenvolvimento sustentável. A Agenda 21 Global reconhece que os problemas do crescimento demográfico e da pobreza são internacionais, para sua solução, devem-se desenvolver programas específicos locais e regionais, nacionalmente e internacional.

A globalização da economia tem sido um retrocesso em relação ao caminho que a Agenda 21 preconizou para humanidade, visando a sustentabilidade da vida no planeta, qualidade de vida para a sociedade de consumo, com seus desperdícios e injustiças sociais e degradação ambiental em níveis globais.

Em 2002, a Agenda 21 brasileira foi concluída e durante o encontro mundial sobre o desenvolvimento sustentável “**RIO + 10**”, foi apresentado à comunidade internacional. A referida Agenda é um processo e instrumento de planejamento participativo para o desenvolvimento sustentável e que tem como eixo principal a sustentabilidade, conservação do meio ambiente, a justiça social e o crescimento econômico. Trata-se, portanto de um instrumento fundamental para a construção da democracia ativa e da cidadania participativa no país.

A análise ambiental, parte da investigação de processos naturais visa estabelecer relações com processos e estruturas sociais. Ela tem como objetivo diagnosticar e prognosticar riscos e potencialidades ambientais em relação à sociedade.

Segundo Marandola Jr. & Hogan (2004), a incerteza, a insegurança e o medo parecem ter invadido nossas vidas. Em todos os campos do dia-a-dia de nossa sociedade contemporânea, nos sentimos indefesos e impotentes. Estamos constantemente em risco. O risco é inerente a nossa vida diária e em todas as decisões que tomamos. No tempo do homem da caverna, ele já tinha que levá-lo em conta cada vez que saía para caçar animais para o seu alimento. Também nos planos estratégicos de guerra são levados em conta até a humilhação das perdas das viúvas para os vencedores, há milhares de anos atrás.

A utilização do petróleo traz grandes riscos para o meio ambiente desde o processo de extração, transporte, refino, até o consumo, com a produção de gases que poluem a atmosfera. Os piores danos acontecem durante o transporte de combustíveis, com vazamentos em grande escala de oleodutos. No Brasil, os dois últimos graves acidentes em oleodutos da Petrobrás aconteceram no ano 2000 e causaram grandes vazamentos na Baía de Guanabara e na Paraná.

Os riscos ambientais urbanos são riscos decorrentes do uso e ocupação do solo urbano, com destaque para a ocupação desordenada, riscos industriais, contaminação química e orgânica (Cortez, 2003). Reduzir a vulnerabilidade urbana significa minimizar riscos. Entre os fatores que mais contribuem para agravar a vulnerabilidade nas cidades, estão a pobreza, o desflorestamento e o uso inadequado do solo, enfatizando a necessidade de ações preventivas, como controle da expansão do espaço urbano e a universalização da educação ambiental.

Na redução das vulnerabilidades, o desenvolvimento precisa assumir uma postura multidimensional, que abranja o aspecto ético, pela preocupação com a equidade, e que seja capaz de incluir variáveis dificilmente quantificáveis, mas qualitativamente indispensáveis à configuração de novos padrões de vida para as atuais e futuras gerações.

A degradação ambiental em seus diversos níveis de intensidade tem sido objeto de preocupação por parte de grupos de estudiosos e de instituições governamentais de todos os países. Na América Latina, vastas áreas se encontram afetadas com diferentes níveis de degradação, onde as principais causas apontadas sob o ponto de vista sócio-econômico é a aplicação de modelos de desenvolvimento caracterizados pelo uso não sustentável dos recursos naturais e práticas agrícolas inadequadas.

A região do Semi-Árido brasileiro é caracterizada por condições sociais e ambientais bastante vulneráveis. A intervenção das atividades humanas nesse cenário tem propiciado a degradação acentuada dos recursos naturais, originando em algumas áreas os denominados

“núcleos de desertificação” associados com o nível muito grave de degradação das terras (Araújo et al, 2000).

O uso do geoprocessamento no estudo da degradação das terras, bem como dos riscos a desastre resultante da interação ambiente semi-árido - sociedade permite uma maior dinâmica do processo de geração de informações, possibilitando maior produtividade, atualizações em tempo real e versatilidade no manuseio dos dados obtidos, conforme constatado em alguns trabalhos, como os de Bender e Bello (1993), Medina (1994), Silva Neto e Barbosa (1996), Barbosa (1997) Maskrey (1998), Barbosa e Santos (1998), Barbosa et al. (1999), Cândido (2000), Silva (2002) e Araújo (2003). Contudo, o primeiro passo deve ser a formação de uma equipe multi-interdisciplinar, que seja capaz de trabalhar em sintonia (Barbosa, 1997a).

Maskrey (1998), afirma que nos últimos anos tem crescido o interesse na América Latina pelo uso dos SIG's, tanto por parte dos órgãos governamentais de gestão de desastres, como por outras instituições. Entende ainda que as expectativas geradas pelo uso de SIG's são muito altas, sendo necessário às organizações investirem maciçamente na implementação de aplicações apropriadas aos SIG's. Apesar do enorme potencial das geotecnologias, Medina (1994) adverte os pesquisadores e gestores para os seguintes perigos proporcionados pelo uso indevido:

a) Os usuários, seduzidos pela qualidade dos objetos gráficos e cartográficos produzidos, poderão adquirir sistemas que não necessariamente tenham a funcionalidade esperada para as aplicações previstas;

b) O uso de SIG's sem estar sustentado em metodologia de obtenção e análises de dados adequadas à realidade da região, tenderá a produzir informações equivocadas, que uma vez incorporadas ao processo decisório, poderão induzir a tomada de decisões também equivocadas.

c) Geração de dificuldades no acesso às informações a cerca de riscos a desastres, concentrando-se nas instituições que possuem os sistemas e impossibilitando sua verificação pelos usuários, particularmente a população em geral e suas organizações.

Tentando monitorar e prevenir esses desastres (nacionais e mundiais) que trouxeram enormes prejuízos para o meio ambiente, as empresas petroleiras atualmente aumentaram em muito as medidas preventivas e a implementação de recursos técnicos avançados que visam impedir que ocorram desastres de tal magnitude. A Gestão Ambiental em regiões de atividades exploratórias de petróleo tem se tornado uma necessidade tão vital quanto à descoberta de novas reservas.

A atual fronteira científica nesta área de investigação são os Sistemas de Informações Georreferenciadas (SIG), criados para realizar o monitoramento e o planejamento da distribuição espacial dos diversos objetos relacionados às atividades exploratórias, ao mesmo tempo em que, utilizando modelagem matemática e quantificação de parâmetros relacionados ao ambiente geográfico, modelam e ajudam a prevenir acidentes.

O avanço da Geoestatística e a integração de dados espacialmente referenciados possibilita a análise de uma grande quantidade de informação armazenada em um ambiente único. O uso de técnicas de análise espacial inseridos em um (SIG), e relacionada com a interpretação e análise de produtos advindos do Sensoriamento Remoto (SR), possibilitaram resultados significativos para se alcançar os objetivos deste trabalho

Outra ferramenta bastante utilizada no tratamento de análises ambientais é o Sensoriamento Remoto (SR) cujo, o procedimento de extração de informação, é resultante da interação da energia com a matéria. Nos diferentes componentes da superfície da terra, esta interação ocorre de maneira diferenciada, com os objetos imageados refletindo uma resposta espectral singular para cada objeto. O conhecimento prévio do comportamento espectral dos alvos naturais ou artificiais, e o auxílio de algoritmos de Processamento de Imagens Digitais (PDI), facilitam bastante à tarefa de interpretação e busca de novas informações a nível espectral, o que justifica sua aplicação neste trabalho.

1.1 Justificativa e Relevância

A Bacia Potiguar, área alvo da exploração de petróleo no Rio Grande do Norte pela PETROBRÁS - é uma região praticamente virgem, com uma taxa de ocupação humana extremamente baixa e com a maioria de seu espaço ambiental totalmente preservado naturalmente. Nas duas últimas décadas, a PETROBRAS aumentou consideravelmente suas atividades exploratórias nesta bacia, tornando-a a primeira produtora nacional de óleo em terra e, a segunda considerando-se a produção em terra e mar, ficando atrás somente da Bacia de Campos (RJ). Dessa maneira houve uma expansão

de toda a sua infra-estrutura de exploração, aumentando consideravelmente o número de poços em terra e conseqüentemente aumentando também sua estrutura de transporte do óleo e/ou gás por dutos, a partir dos novos campos, além da instalação das lagoas de tratamento e locais de descarte de efluentes, estações de bombeamento e de tratamento, infra-estrutura (escritórios, galpões, garagens, almoxarifados, rede elétrica, hídrica, telefonia) e outras subestruturas (Projeto Marisco, 2001).

O campo de Canto do Amaro compreende uma área de aproximadamente 127,37 km², concentra mais de 1.600 poços de petróleo em exploração, juntamente com a malha de condutos necessários para seu transporte até as estações coletoras da PETROBRÁS. Parte do mesmo se localiza nas cercanias da cidade de Mossoró, às margens do Rio Mossoró, um dos maiores rios e estuários do Rio Grande do Norte (BRASIL, 2001). No entanto não existe, nesta área, qualquer levantamento de dados que possa embasar uma avaliação criteriosa dos riscos ao meio-ambiente que estas instalações da PETROBRÁS possam oferecer ao município de Mossoró e adjacências.

A partir dos conceitos básicos, onde se estabelece que os desastres são resultantes das vulnerabilidades e dos riscos ligados às atividades humanas super ou sub dimensionadas, constata-se que existe a necessidade premente de se desenvolver um trabalho de pesquisa voltado ao estudo das condições físico-ambientais das principais áreas de risco, e o levantamento das feições socioeconômicas da região, definindo suas vulnerabilidades frente ao risco a desastres do sistema exploratório de óleo e gás da PETROBRÁS, nesta região, visando-se a criação de uma cartografia temática e um banco de dados que reflitam as condições ambientais vigentes, apóiem a tomada de decisões nos casos de acidentes e que forneçam padrões de referência (*background*) para as correções ambientais, após possíveis desastres.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos gerais

Georreferenciar o campo petrolífero do Canto do Amaro (Município de Mossoró, RN), com enfoque nas vulnerabilidades e riscos a desastres relacionados com a estrutura exploratória de petróleo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar os riscos e as vulnerabilidades da estrutura exploratória no campo petrolífero Canto do Amaro;
- Realizar um diagnóstico socioeconômico e ambiental, com uma completa descrição e análise dos recursos sociais, naturais e ambientais e suas interações;
- Criar a base plani-altimétrica georreferenciada a partir das cartas topográficas da SUDENE e de dados de sensoriamento remoto;
- Estudar as vulnerabilidades dos solos à contaminação por óleo;
- Delimitar a área de influência, dentro da bacia hidrográfica pelos impactos provocados pela exploração de petróleo no campo Canto do Amaro;
- Identificar as medidas mitigadoras: aquelas capazes de diminuir os riscos ambientais.

CAPITULO II

2 CARACTERARIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 O Município de Mossoró-RN

O município de Mossoró, com uma área de 2.116 km², está situado entre duas capitais (Fortaleza e Natal). Pelo pregão turístico, é conhecida carinhosamente como “a terra do sol, do sal e do petróleo”. Limita-se ao norte com Estado do Ceará e os municípios de Grossos e Tibau, ao sul com os municípios de Governador Dix-Sept Rosado e Upanema, ao leste com Areia Branca e Serra do Mel e ao oeste com Baraúna (Figura 2.1). Seu clima é semi-árido, com temperaturas mínimas de 22,5°C e, médias máximas de 33.3°C. Pelo Censo de 2000 a sua população é de 213.841 habitantes, sendo a população urbana de 199.181 habitantes e a rural de 14.760 habitantes. A população de mulheres é a maior com 111.018 indivíduos e a de homens de 102.823. O índice de IDH é de 0,735 (considerado de médio desenvolvimento). O esgotamento sanitário da cidade de Mossoró atinge somente 54% das residências. Observou-se que 92% da população urbana são servidas por água tratada. Um dos problemas cruciais é a poluição do rio Mossoró devido à má destinação dos resíduos sólidos (PMM, 2006).

O município de Mossoró se destaca no Estado do Rio Grande do Norte como uma das regiões de grande potencialidade econômica, tendo em vista que o mesmo detém dois recursos naturais de grande valor econômico no atual mercado: o sal e o petróleo. Esses juntos e com a agroindústria são referenciais da economia de Mossoró. O setor industrial tem vivido ciclos diferenciados. A vocação industrial extrativista de Mossoró a coloca hoje no pódio como principal produtora de sal e de petróleo (em área terrestre do país). Contribui com 50% a 98% da produção salineira do país e mais de 3.500 poços de petróleo, produzindo 110 mil barris/dia.

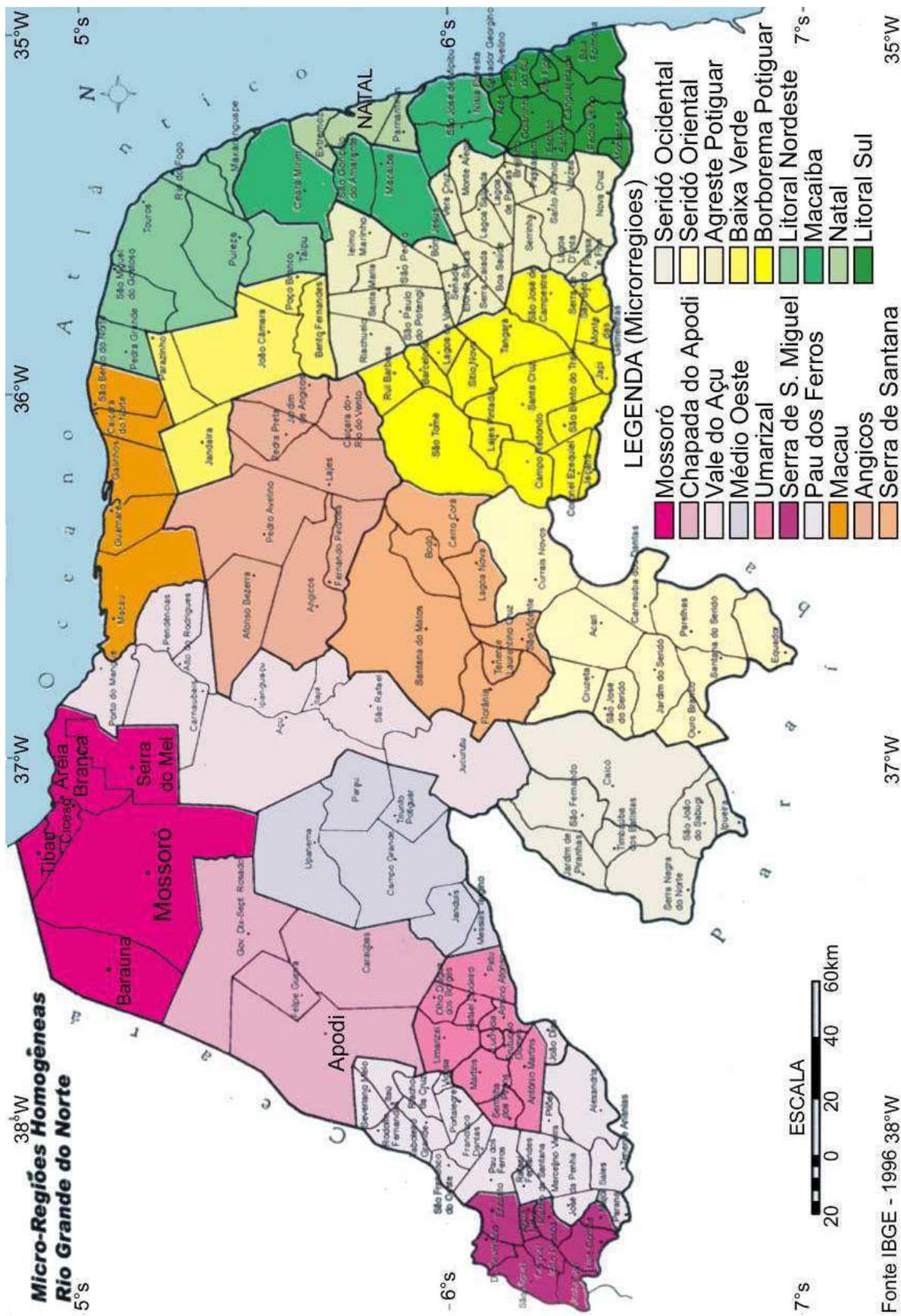


Figura 2.1 – Mapa das Microrregiões Homogêneas do Rio Grande do Norte.
 Fonte: BRASIL - IBGE, 1996.

O relevo do município caracteriza-se por uma superfície de relevo essencialmente plano com altitude média de 16 metros acima do nível do mar, representado por tabuleiros sedimentares de origem Cretácea, cortados pelos vales dos rios Açu, Apodi e Umari, que representam largas várzeas com lagoas residuais. Os solos são de medianamente profundos a rasos, apresentando em geral boa porosidade, que fazem com que sejam moderadamente drenados e são predominantes de origem sedimentar, com dominação dos cambisolos que se apresentam com fertilidade natural alta (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

A região de Mossoró possui dois aquíferos subterrâneos: o Açu, confinado no arenito de mesmo nome, a 900-1200 m de profundidade, e o Jandaíra, em extratos calcários situados a profundidades de 20 a 150 m. Ambos possuem grande significado econômico e social, por permitirem a agricultura irrigada e o abastecimento d'água.

A agricultura é um forte segmento da economia do município, sendo a fruticultura tropical irrigada um dos pilares da economia de Mossoró. A região polarizada pela cidade é reconhecida pelo Ministério da Agricultura, desde 1990, como Área Livre da praga *Anastrepha Grandis*, mais conhecida como “mosca da fruta”. Essa condição facilita a entrada dos produtos em mercados consumidores mais exigentes, como a Comunidade Européia, Estados Unidos e Japão. O destaque fica com o melão, que em 2004 as exportações de melão movimentaram um volume de recursos da ordem de US\$ 64 milhões. O setor também é um dos grandes geradores de emprego em Mossoró e região. De acordo com o Comitê Executivo de Fitossanidade do Rio Grande do Norte (COEX) atualmente a fruticultura irrigada gera 24 mil empregos diretos e outros 60 mil de forma indireta. A apicultura também é um dos segmentos que vem crescendo na economia do município (RIO GRANDE DO NORTE, 2001).

O município de Mossoró tem uma boa infra-estrutura de educação de 3º grau e desenvolvimento e de produção científica, se destacando a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), antiga ESAM (Escola Superior de Agricultura de Mossoró), o CEFET-RN/ Mossoró (Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte) e a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), com relevante produção científica.

2.2 Localização e vias de acesso

A área da pesquisa está localizada no estado do Rio Grande do Norte, na Microrregião Homogênea de Mossoró (Figura 2.1) e compreende uma área de aproximadamente 127,37 km² delimitada pelos meridianos 37°22'35.12" e 37°00'53.7" de longitude oeste e pelos paralelos 05°17'25.37" e 05°01'05.15" de latitude sul. O ponto central da área de estudo tem o meridiano 37°10'34.64" de longitude oeste e o paralelo 5°07'22,78" de latitude sul (Figura 2.2). O acesso à região se dá pela BR-304, a partir da cidade de Natal, que dista 277 km da Cidade de Mossoró, podendo ser alcançada pela BR 405 e por diversas outras rodovias estaduais. O acesso ao principal campo petrolífero da região, o Canto do Amaro, se dá pela BR – 110, que liga Mossoró a cidade de Areia Branca (RN) num percurso 45 km. (Figura 2.2).

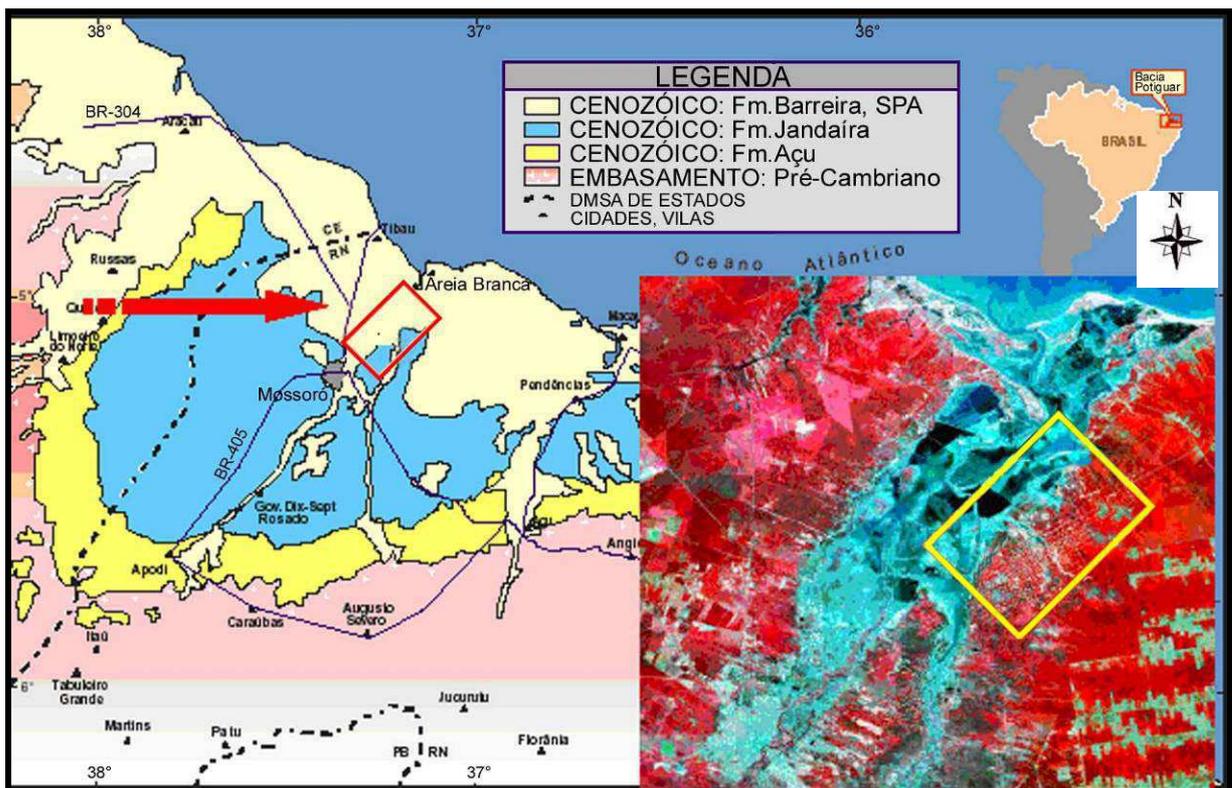


Figura 2.2 – Mapa de localização da área de pesquisa e imagem Spot, mostrando o Campo de Mossoró (RN), com áreas de concentração de poços de exploração de petróleo e dutos

2.3 Caracterizações Fisiográficas

2.3.1 Aspectos climáticos

O clima da Zona Homogênea Mossoroense é predominantemente semi-árido, com pluviometria média anual de 700 mm, evaporação de 1.760 mm e um déficit hídrico de 1.000 mm, durante 09 meses. (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Estudo realizado por Hargreaves (1984) apud RIO GRANDE DO NORTE, (2005) considera vários climas para esta região Mossoroense, como: semi-árido, semi-árido rigoroso, sub-úmido e sub-úmido seco.

O clima da área em estudo é predominante segundo a classificação de Köppen do tipo Bsw'h' – Clima muito quente e semi-árido, tipo estepe e caracteriza-se por uma estação chuvosa que se atrasa para o outono. O mês mais frio apresenta média superior a 18 °C. Considerando a classificação de Gaussen, o clima é do tipo 4aTh – Tropical quente de seca acentuada e caracteriza-se por apresentar índice xerotérmico (nº. de dias biologicamente secos) maior que 150 e menor que 200, com estação seca de 8 a 9 meses. Na maior parte da bacia Apodi-Mossoró, as chuvas anuais médias de longo período situam-se em torno de 700 mm, havendo pequena área, nas proximidades da foz e na região a leste do trecho médio do rio do Carmo, onde a média é de 600 mm. Na Zona Salineira a precipitação anual varia de 465,5 mm em Açú, até 575,4 mm em Areia Branca (RIO GRANDE DO NORTE, 2001a)

2.3.2 Geomorfologia

A geomorfologia da área foi caracterizada de forma descritiva por Brasil (1981) e por observações de campo. O Município está inserido na Área Litorânea onde predomina o relevo plano, que compreende a unidade geomorfológica denominada Chapada do Litoral Norte, cuja continuidade é interrompida apenas pelos vales dos rios Piranhas e Apodi. Com uma largura em torno de 45 km esta unidade ocupa todo o litoral norte do Estado, e apresenta declividades pequenas entre 0% e 5%. Em pequenos trechos ocorre o relevo suave ondulado, formado por conjunto de colinas com vertentes longas, declividades suaves e vales abertos, topos planos ou ligeiramente arredondados. Nas proximidades da Serra do Carmo, na zona de contato do Terciário com o Cretácico, e em alguns outros pontos verifica-se a ocorrência do relevo

ondulado, com colinas de vertentes convexas, declividade moderada, topos arredondados e vales abertos. No extremo norte, junto à foz do rio Apodi, ocorre a Faixa Litorânea, representada por uma planície flúvio-marinha, ladeada pelos Tabuleiros Costeiros, superfície pediplanada, contígua à Superfície Cárstica (RIO GRANDE DO NORTE, 2001a).

2.3.3 Cobertura vegetal

A região de Mossoró apresenta-se coberta, predominantemente, pela vegetação da caatinga. No período da seca (julho a dezembro) aparenta está totalmente morta, mais aos primeiros sinais de chuva torna-se exuberante.

A vegetação está agrupada em 2 grandes grupos:

- Floresta Ciliar de Carnaúba – ocorrem nas várzeas dos rios Apodi-Mossoró e Piranhas-Açu. É formada por palmeiras do tipo Carnaúba. Esse tipo de vegetação se adapta à salinidade dos solos de várzea.
- Floresta Sub-Caducifolia – mata de transição entre a floresta litorânea (ou mata atlântica) e a vegetação da caatinga hiperxerófila arbustivo-arbórea. Por essa razão, apresenta plantas dos dois tipos de vegetação: aroeira, macaíba, baraúna, umbuzeiro e angico.

No geral a vegetação que predomina é constituída pela caatinga hiperxerófila, apresenta xerofitismo mais acentuado, característica da zona de clima semi-árido do Nordeste. A vegetação é arbustiva de porte médio, alguns exemplares arbóreos, em alguns trechos se tornam mais densa, mas no geral semidensa. As espécies mais comuns encontradas nas áreas de caatinga hiperxerófila são: pereiro (*Aspidosperma pyriforme*); imburana-de-cambão (*Bursera leptophloea* Mart.); mufumbo (*Combretum leprosum*); faveleiro (*Cnidoscolus phyllacanthus* Hoffm); pinhão brabo (*Jatropha pohliana* Mull. Arg.); quixabeira (*Bumelia sertorum* Mart.) xique-xique (*Pilocereus gounellei* Weber); coroa-de-frade (*Melocactus* sp.); palmatória braba (*Opuntia palmadora*); macambira (*Bromelia laciniosa* Mart.); caroá (*Neoglaziovia variegata*); jurema preta (*Mimosa* sp.); jurema branca (*Pithecolobium dumosum*); mandacaru (*Cereus jamacaru*); aroeira (*Astronium urundeuva*); juazeiro (*Ziziphus juazeiro*); marmeleiro (*Croton* sp); facheiro (*Cereus squamosus*); catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), entre outras (RIO GRANDE DO NORTE, 2004).

Essa vegetação vem sofrendo fortes impactos ao longo do tempo, sendo destruída em queimadas para dar lugar às áreas de pastagem ou plantação, bem como aproveitamento de madeira das árvores, na construção civil, na produção de carvão, nos fornos das cerâmicas, olarias, padaria, nos fogões das residências, ou está sendo morta nas áreas com atividades de exploração de sal marinho. A cobertura vegetal está sendo substituída por cultivos temporários e/ou permanentes.

2.3.4 Vulnerabilidade ambiental e natural

A vulnerabilidade ambiental da área de estudo encontra-se entre média a muito alta. As áreas com maior pressão antrópica correspondem à planície de inundação do rio do Carmo, provavelmente, em consequência da extração de óleo e gás praticamente às margens deste rio. As áreas com vulnerabilidade média estão localizadas nas margens da BR 110 nos povoados de Piquiri e Amaro. Os habitantes dessas comunidades, são os principais implicados em caso de contaminação ambiental desta área, não estão treinados para um eventual acidente, apesar de conviverem com o risco, não sabem a real dimensão do problema, esta área abriga poços de petróleo e dutos de óleo/gás, muito próximo da planície de inundação do Rio do Carmo e de comunidades. O rio do Carmo é o principal manancial de água do entorno do complexo petrolífero de Canto do Amaro, podendo ser um possível poluidor em caso de acidente com óleo nos poços localizados as suas margens. Ao norte da área de estudo, o alto grau de vulnerabilidade ambiental, está relacionado com a presença de diversas estações coletoras. As estações coletoras estão espalhadas por toda a área, sendo o campo de Canto do Amaro que possui a maior quantidade desses reservatórios, e representam forte potencial de contaminação ambiental, pela enorme quantidade de hidrocarboneto manipulado nesses reservatórios, portanto se torna necessário o monitoramento constante destas instalações (Teódulo, 2004).

A vulnerabilidade natural da área em questão mostra uma distribuição variada, que corresponde a uma vulnerabilidade muito baixa a baixa localizada na porção central da área, representada pela imensa planície de inundação, e áreas alagadiças próximas as margens do Rio do Carmo. Além, da planície de inundação do Rio Apodi-Mossoró localizada a oeste da área estudada. Os valores encontram-se de médio a muito alto, e estão espalhados por toda área de estudo, estas áreas estão submetidas à intensa pressão antrópica em consequência das atividades relacionadas à indústria petrolífera (Borges et al, 2006).

2.3.5 Recursos hídricos

O Sistema Apodi-Mossoró (Figura 2.3) ocupa uma superfície de 14.276 km², correspondendo à cerca de 26,8% do território estadual, e nasce a oeste do Estado – na Zona Serrana – toma direção da costa norte, onde desemboca a altura da cidade de Areia Branca, região grande produtora de sal. O curso principal do rio tem 200 km, seguindo em direção à foz, no Oceano Atlântico. Nas áreas baixas, de sedimentos recentes não afetadas pelas águas do mar, predominam os Solos Neossolos Flúvicos (Solos Aluviais Eutróficos). A metade meridional desta bacia é composta pelas unidades Depressão Sertaneja e Planaltos Residuais. (RIO GRANDE DO NORTE, 2003)

A vazão do rio segundo dados do plano diretor da cidade de Mossoró (RIO GRANDE DO NORTE, 2001a), é de cerca de 360 milhões de m³/ano, e seu escoamento é iniciado no mês de março, atingindo 74 milhões de m³, apresentando o seu volume máximo em abril, atingindo 140 milhões de m³, para diminuir drasticamente nos meses subseqüentes até anular estes valores nos meses de novembro a fevereiro. Esses dados vão caracterizar o rio Apodi-Mossoró como de regime temporário em seu alto e médio curso, e apresentando-se perene em seu baixo curso, graças a pequenas represas no município de Governador Dix-Sept. Rosado.

A influência flúvio-marinha que caracteriza o rio em sua foz como verdadeiro estuário, permanece a montante por cerca de 25-30 km, alcançando as vizinhanças da cidade de Mossoró.

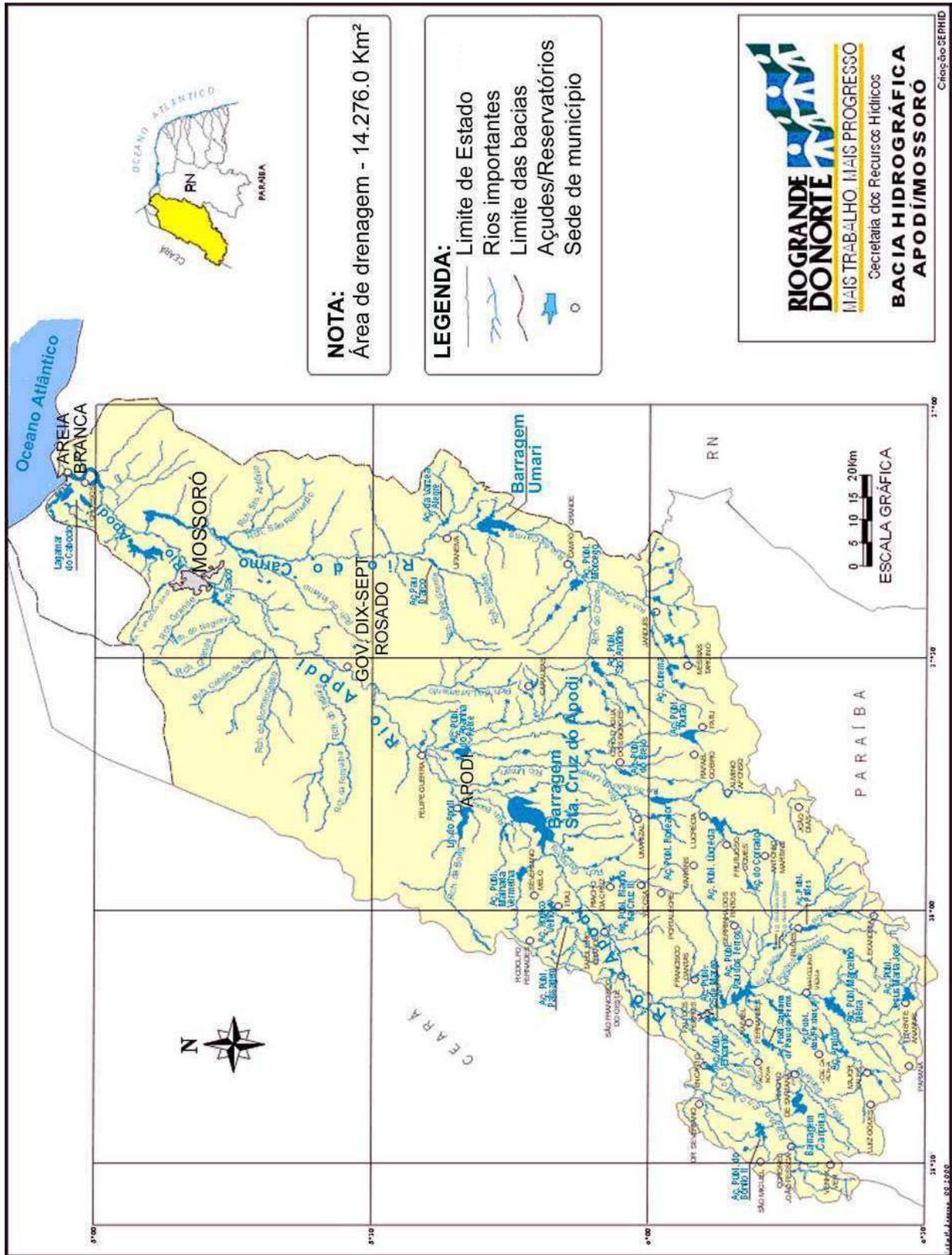


Figura 2.3 – Mapa da Bacia Hidrográfica Apodi – Mossoró.
 Fonte: (RIO GRANDE DO NORTE, 2003).

Este rio cruza a cidade de Mossoró na direção SW/NE, possui aspecto sinuoso com diversas lagoas nas proximidades de suas margens. A várzea do rio Apodi-Mossoró possui

largura variável entre 500 a 1.000 metros, estreitando em direção ao centro da cidade de Mossoró. O rio do Carmo constitui-se no principal afluente do rio Apodi-Mossoró.

A Zona Homogênea Mossoroense é banhada por duas importantes bacias hidrográficas: a Leste – bacia do Piranhas – Açu, perenizado em todo trecho, e a Oeste – bacia do Apodi-Mossoró, cujo rio principal (Do Carmo), ocupa um terço da área total desta bacia, perene no seu curso inferior. Destacam-se nessas bacias, a Barragem Eng^o. Armando Ribeiro Gonçalves (bacia Piranhas-Açu), no município de Itajá com 2.400.000.000 m³ de reserva d'água e as barragens de Santa Cruz, no município de Apodi, com 560.000.000 m³ e de Umari, no município de Upanema, com 300.000.000 m³ na bacia Apodi-Mossoró. (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Politicamente, o estado do Rio Grande do Norte está dividido em 167 municípios, agrupado em 8 zonas homogêneas (Figura 2.4). Zona Homogênea do Litoral; Zona Homogênea do Litoral Norte; Zona Homogênea do Agreste; Zona Homogênea de Currais Novos; Zona Homogênea de Caicó; Zona Homogênea das Serras Centrais; Zona Homogênea Alta Apodi; Zona Homogênea Mossoroense. (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

2.3.6 Solos

Os solos da Zona Homogênea Mossoroense, de modo geral, apresentam uma variedade de classes de solos (Figura 2.5), são na maioria ocasionadas por grande diversidade litológica ou de material originário, além de variação no relevo e no regime de umidade do solo. Foram identificadas as principais classes de solos, (SUDENE, 1971, atualizado a partir da EMBRAPA, 1999 apud RIO GRANDE DO NORTE, 2005), encontradas na região são:

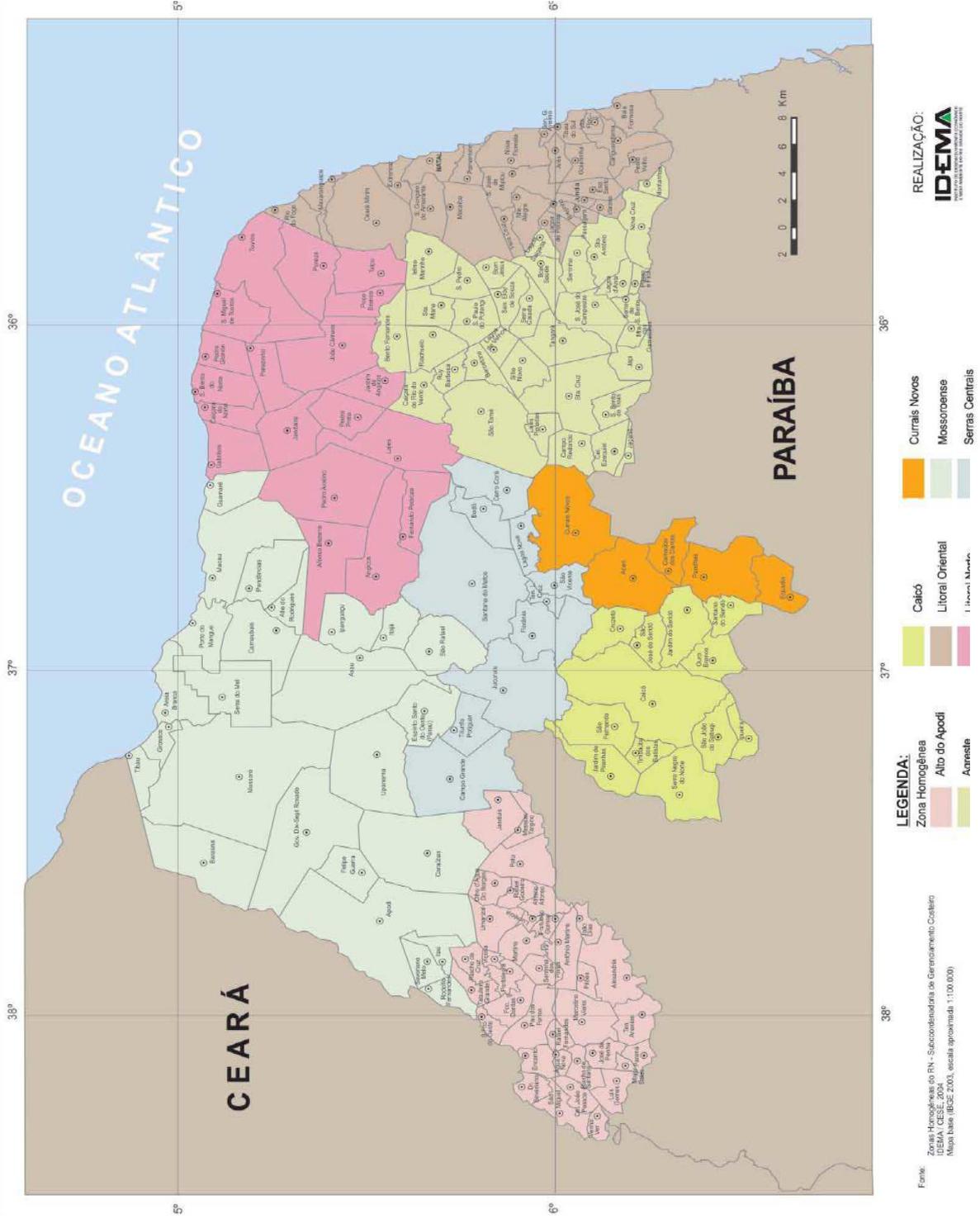


Figura 2.4 – Mapa das Zonas Homogêneas do Rio Grande do Norte
Fonte: (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

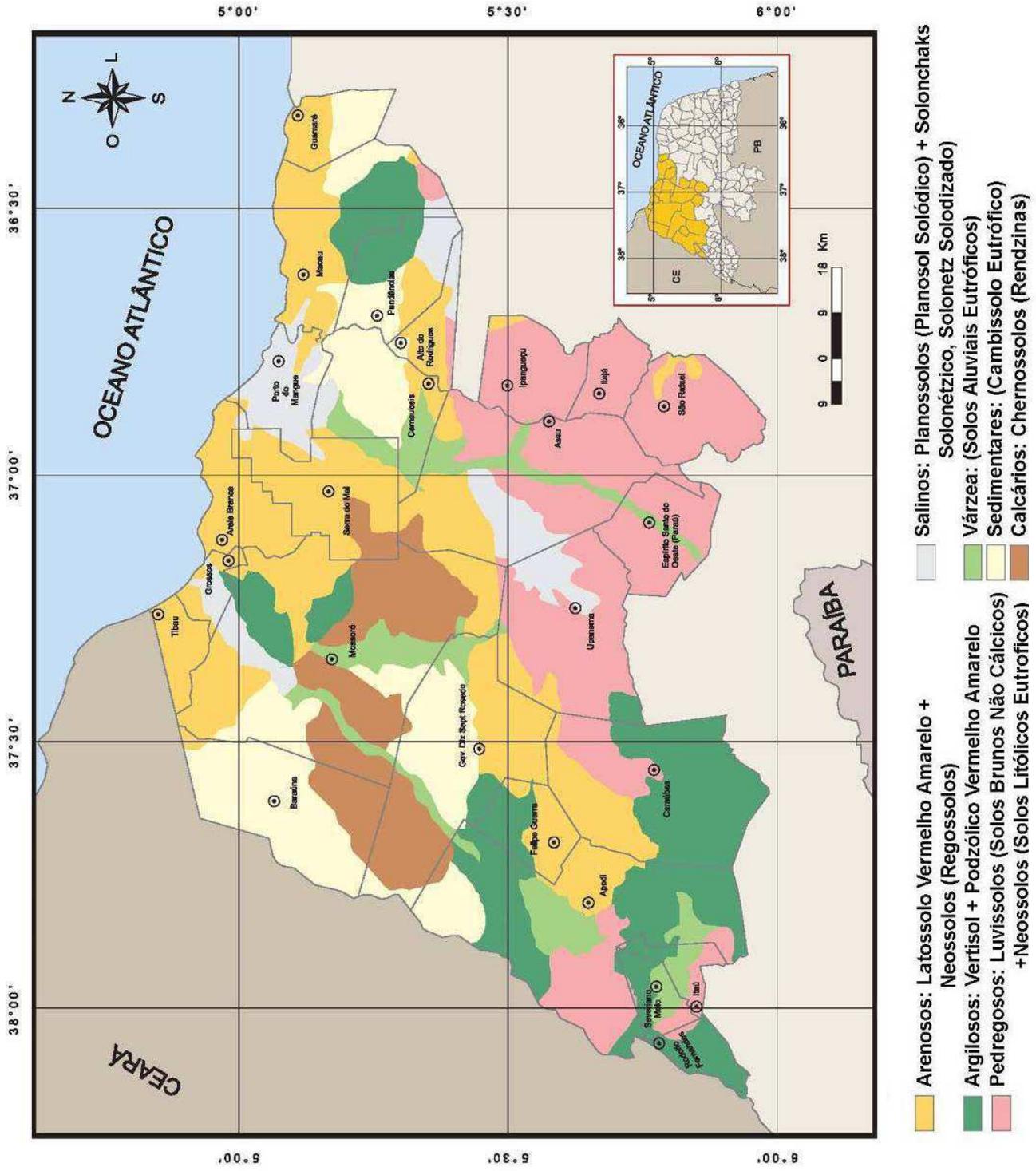


Figura 2.5 – Mapa de solos da Zona Homogênea Mossoroense. Fonte: (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

- Os solos tipo **arenosos ou tabuleiros** ocupam quase todo o litoral dessa área, caracterizam-se por solos profundos maiores que um metro, bem drenados, porosos, friáveis, com baixos teores de matéria orgânica e predominantemente ácidos, conhecidos pela classificação de **Neossolos Quartzarênicos – (RQ) e Latossolo Vermelho Amarelo – (LVA)**.
- Os solos **argilosos**, denominados de **Argissolos Vermelho Amarelo**, são solos medianamente profundos, a profundo, fortemente a moderadamente drenados, com baixos teores de matéria orgânica. Apresentam, normalmente, grande potencial agropecuário.
- Os solos tipo **pedregosos**, conhecidos cientificamente como **Neossolos litólicos Eutróficos – (RLe) e Luvisolos – (T)** os antigos (Bruno Não Cálxico). São solos rasos a pouco profundos, de relevo suave ondulado, moderadamente ácido a praticamente neutros, que estão relacionados, principalmente, com os biotita-gnaisses, bem providos de nutrientes, cujas alternativas de uso são restritas por estarem localizados, sobretudo, na zona do sertão, onde as condições de umidade, bem como de relevo e profundidade efetiva, são limitantes.
- Os solos **salinos**, também chamados **Planossolos – (S)** são outros tipos, ocorrendo em pequenas áreas. Rasos a poucos profundos, apresentam limitação moderada a forte quanto ao uso agrícola, em decorrência, principalmente, das más condições de drenagem e dos teores médios a altos em sódio trocável.
- Os solos de terrenos **sedimentares**, conhecido como **Cambissolos – (C)** são solos rasos a profundos, bem drenados, pouco evoluídos, desenvolvidos a partir de diversas rochas, destacando-se os calcários, granitos e migmatitos, em áreas de relevo plano a forte ondulado, sob vegetação de caatinga hipo e hiperxerófila.
- Os solos de **vázea**, também conhecidos como **Neossolos Flúvicos – (RU)** (Solos Aluviais), presentes também em quase todo o litoral e na margem dos principais rios, são solos não hidromórficos, arenosos, desde ácidos até alcalinos e excessivamente drenados.

- Os solos derivados de **calcários**. São solos alcalinos também denominados de **Chernossolos Rêndzicos – (MD)** especificamente encontrados nos terrenos da Chapada do Apodi. São constituídos a partir de solos rasos moderados a imperfeitamente drenados.
- Os solos de **mangues** são solos salinos com grande quantidade de matéria orgânica influenciados pelas águas do mar, conhecidos como **Gleissolos Tiomórficos – (GJ)** solos que ocorrem principalmente nas desembocaduras dos rios, a exemplo do Apodi-Mossoró. Classes de Terras para Irrigação.

No tocante ao uso agrícola, verificaram-se algumas áreas ocupadas com cajueiro, outras preparadas para o plantio com cultura de subsistência, além da utilização em pecuária extensiva.

2.3.7 Erodibilidade

Para Zuquette & Gandolei (1987) uma das condições do solo é denominada de erodibilidade, ou seja, vulnerabilidade à erosão, sendo que tal vulnerabilidade é função das características físicas do solo e do seu uso

Segundo Fontes (1999) a erodibilidade do solo mostra a resistência que o solo apresenta contra a erosão.

As características de Erodibilidade do solo, estando ligadas aos aspectos topográficos e granulométricos da distribuição dos solos superficiais, entre outros aspectos, determinam as conhecidas formas de erosão por escoamento difuso (erosão laminar) e de erosão linear (sulco, ravina e voçoroca). Porém para o meio ambiente, a erosão mais danosa localmente é chamada de voçoroca, a qual, mais que a grande ravina, revela-se especialmente perigosa quando se desenvolve junto à cidade, obras viárias ou outras obras civis (Prandini, 1976).

Admite-se que geralmente as voçorocas têm origem em um processo de modificação ou retirada do solo superficial e vegetação, processo que acontece freqüentemente no campo petrolífero Canto do Amaro, por ocasião de abertura de estradas ou passarelas.

CAPÍTULO III

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 Geologia Regional

A bacia Potiguar situa-se no extremo leste da Margem Equatorial Brasileira, compreendendo um segmento emerso e outro submerso, ao longo dos Estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, apresenta uma área de 48.000 km², sendo que 21.500 km² correspondem à parte emersa dos quais 8.000 km² correspondem à região da calha central de direção NE – SW, e 26.500 km² na plataforma e talude continental. Esta bacia na parte emersa tem limite a sul, leste e oeste com rochas do embasamento cristalino, a parte submersa limita-se ao norte com Oceano Atlântico. O Alto de Fortaleza define seu limite oeste com a Bacia do Ceará, enquanto que o Alto de Touros define seu limite leste com a Bacia de Pernambuco-Paraíba, limitada pelas coordenadas geográficas de 35° e 38° de longitude oeste e 4° 50' e 5° 50' de latitude sul (Figura 3.1),

A Bacia Potiguar se destaca pela sua expressiva importância na economia regional e nacional por seus recursos naturais, pode ser medida pelas atividades exploratórias e de extração de petróleo e gás natural. Apresenta uma produção diária de 110.000 barris de petróleo, e gás natural quase seis milhões de metros cúbicos e pela salineira que respondem cerca de 92% da produção nacional de sal, cujo índice pode chegar a 98,% no auge da produção. A referida bacia é a segunda maior produção de óleo e é a maior produção de óleo em terra atualmente no Brasil (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

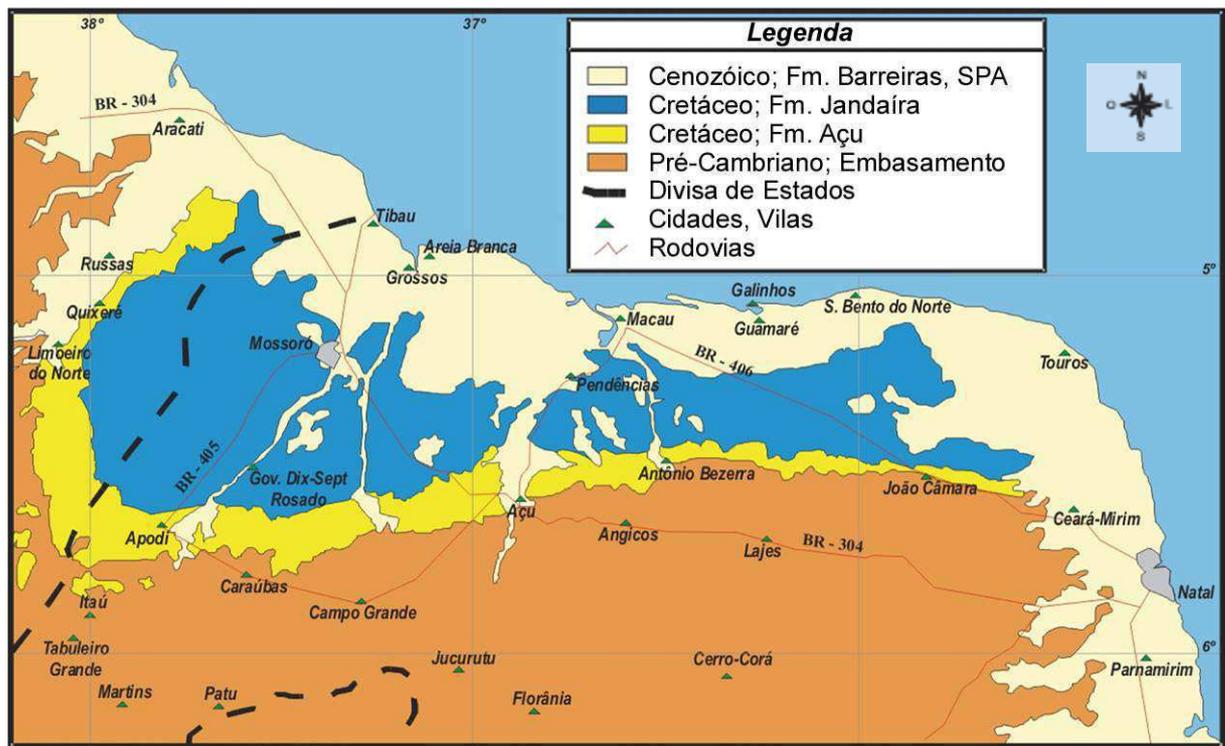


Figura 3.1 – Bacia Potiguar
Fonte: (Farias et al., 1990 apud Téodulo, 2004).

Segundo Soares et al. (2003), a bacia Potiguar desenvolveu-se sobre um substrato de rochas pré-cambrianas pertencentes à Província Borborema, cujos trends estruturais apresentam direção principal NE, além de um importante sistema de zonas de cisalhamento E-W e NE-SW. O arcabouço estrutural é constituído basicamente de quatro feições morfo-estruturais, relacionadas com grandes eventos que afetaram esta bacia: grabens e altos internos, relacionados às fases de estiramento crustal (rift), e plataformas rasas do embasamento e talude relacionados à fase de deriva continental.

A parte emersa da Bacia Potiguar apresenta estilo estrutural definido por um regime tectônico preferencialmente extensional à semelhança de outras bacias tipo “rift” da costa brasileira, e foi controlada às expensas zonas de fraqueza situadas na província Pré-cambriana da Borborema. Apresenta uma grande calha central, alongada na direção SW-NE (Figura 3.2), sendo mageadas por duas plataformas rasas denominadas de Aracati (a oeste) e Touros (a leste) e duas plataformas rasas do embasamento: plataforma de baraúnas a NW e a plataforma leste, além dos altos de Macau, Alto da Serra do Carmo e Quixaba, (Neves, 1989). Na porção submersa a direção predominante das feições estruturais é NW-SE por efeito de uma tectônica dextral em resposta ao processo de separação dos continentes América do Sul e África. (Soares et al., 2003).

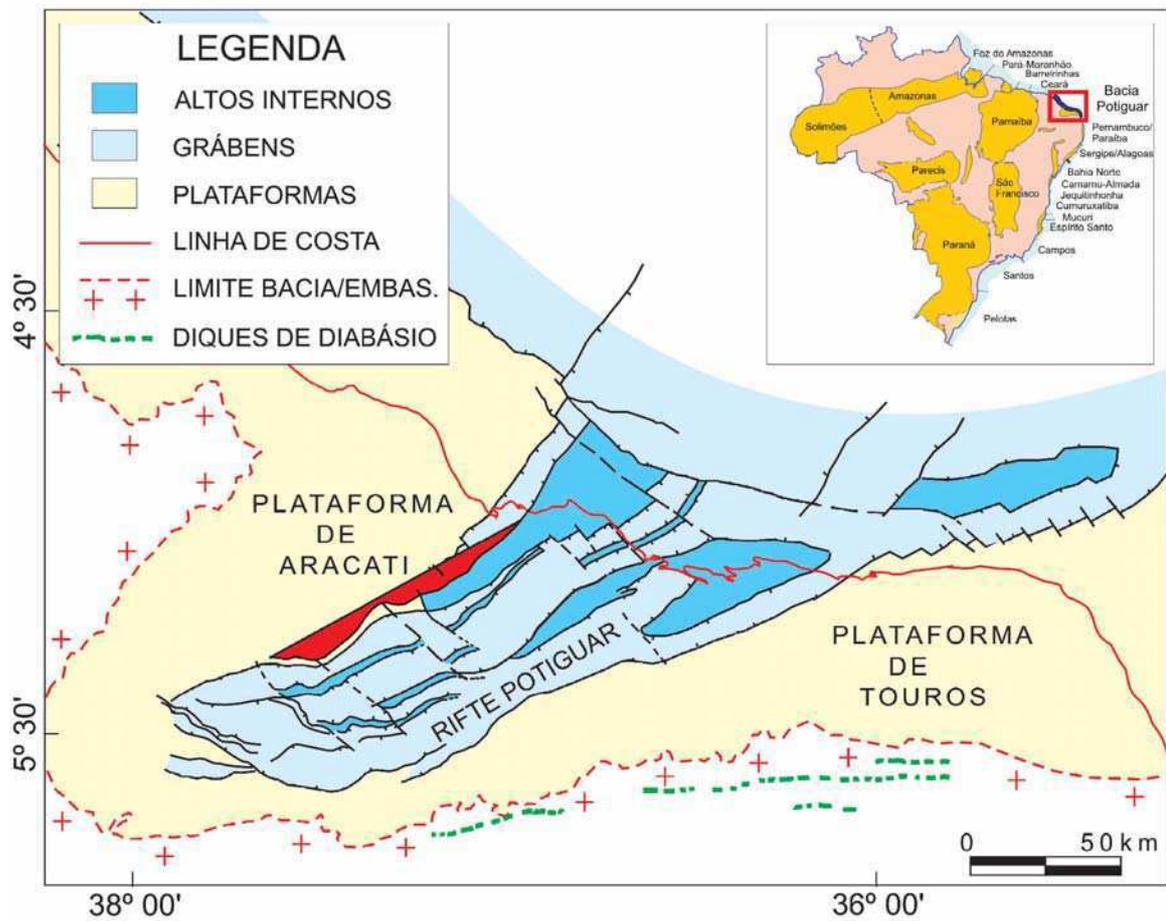


Figura 3.2 – Mapa de localização e arcabouço tectônico do embasamento da Bacia Potiguar
 Fonte: (Cremonini et al., 1996 apud Soares & Rossetti, 2005).

O preenchimento sedimentar desta bacia está intimamente relacionado com diferentes evoluções tectônica na fase “rift”, compreendendo as Formações Pendências e Pescada, a fase transicional constituída da Formação Alagamar e a fase de deriva continental, constituída pelas seqüências flúvio-marinhas transgressiva (formações Açú, Ponta do Mel, Quebradas e Jandaíra) e regressiva (formações Urubarama, Guamaré, Tibau e Barreiras, Figura 3.3).

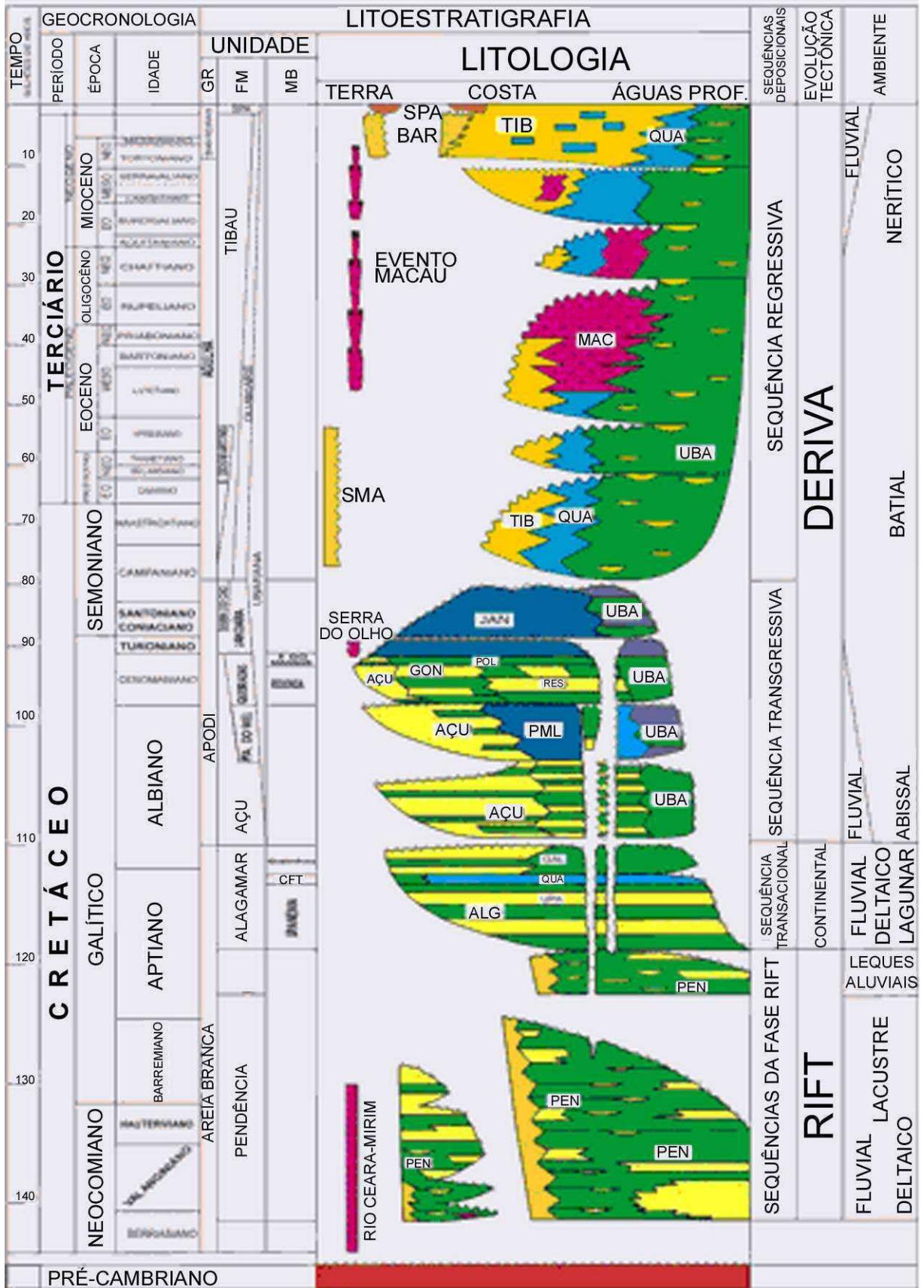


Figura 3.3 – Carta Estratigráfica da Bacia Potiguar
 Fonte: (Araripe & Feijo, 1994).

Françolin e Szatmari (1987) apud Soares & Rossetti (2005) admitem que a origem do Rift Potiguar esteja inserida no contexto da evolução da margem equatorial atlântica, iniciado ao final do Jurássico. Segundo estes autores, a rotação diferencial dextral entre a América do Sul e a África gerou, na Província Borborema, um regime de esforços com distensão norte-sul e compressão leste-oeste, o que propiciou o desenvolvimento de diversas bacias rifte sob regimes transtensional (caso do Rift Potiguar) e transpressional (caso das bacias de Souza e Rio do Peixe).

Segundo Soares et al. (2003) apud Soares & Rossetti (2005) a ocorrência de uma grande quantidade de diques, Rio Ceará Mirim, presente na forma de diques de diabásio com orientação E-W, no embasamento adjacente à borda sul da Bacia Potiguar (figura 4.4), e interpretado por Françolin e Szatmari (1987) apud Soares & Rossetti, (2005) como situado segundo o eixo de maior compressão, foi a responsável pela separação dos segmentos transtensional a NE e transpressional a SW. Este evento magmático ocorre em dois pulsos principais entre 145 e 130 Ma (Oliveira, 1998), sendo correlacionado por Anjos et al. (1990) com as rochas vulcanoclásticas intercaladas aos sedimentos da porção basal da Formação Pendência (Souza, 1982). Outros autores (Matos, 1987; Chang et al., 1988, apud Soares & Rossetti, 2005) reconhecem pelo menos três importantes estágios, em resposta à dinâmica das placas tectônicas durante o início da fragmentação do Gondwana, denominados de Sin-Rift I e Sin-Rift II, desenvolvidos sob regime predominantemente distensional, e Sin-Rift III, desenvolvido em regime transtensional. A abordagem de Matos (2000) apud Soares et al., (2003) admitiu uma divisão com base tanto no estágio de desenvolvimento das zonas transformantes quanto no posicionamento das bacias em relação a elas, e propõe três estágios principais denominados de Pré-, Sin- e Pós-Transformante.

- O estágio Sin-Rift I (Neojurássico) refere-se ao início da deformação distensional, com a deposição de clásticos em uma ampla depressão denominada de Depressão Afro-Brasileira, seção esta sem registro na Bacia Potiguar.

- O estágio Sin-Rift II (Neoberriasiano/Eobarremiano) caracteriza-se pelo desenvolvimento de bacias rifte intracontinentais controladas por falhas de rejeito preferencialmente normal, definindo meio-grábens assimétricos tendo sido, neste período, gerado todo o sistema de riftes cretáceos do Nordeste brasileiro (Figura 3.4)

- No estágio Sin-Rift III (Neobarremiano/Eoaptiano), o processo distensivo começou a concentrar a deformação ao longo da futura margem continental causando grande mudança na cinemática rift. Na Bacia Potiguar, este evento provocou um deslocamento do

eixo de rifteamento para a porção submersa da bacia, ao mesmo tempo em que causou um levantamento e erosão (discordância do topo da seção neocomiana/ eobarremiana) na porção emersa, que se comporta como uma ombreira do novo rift.

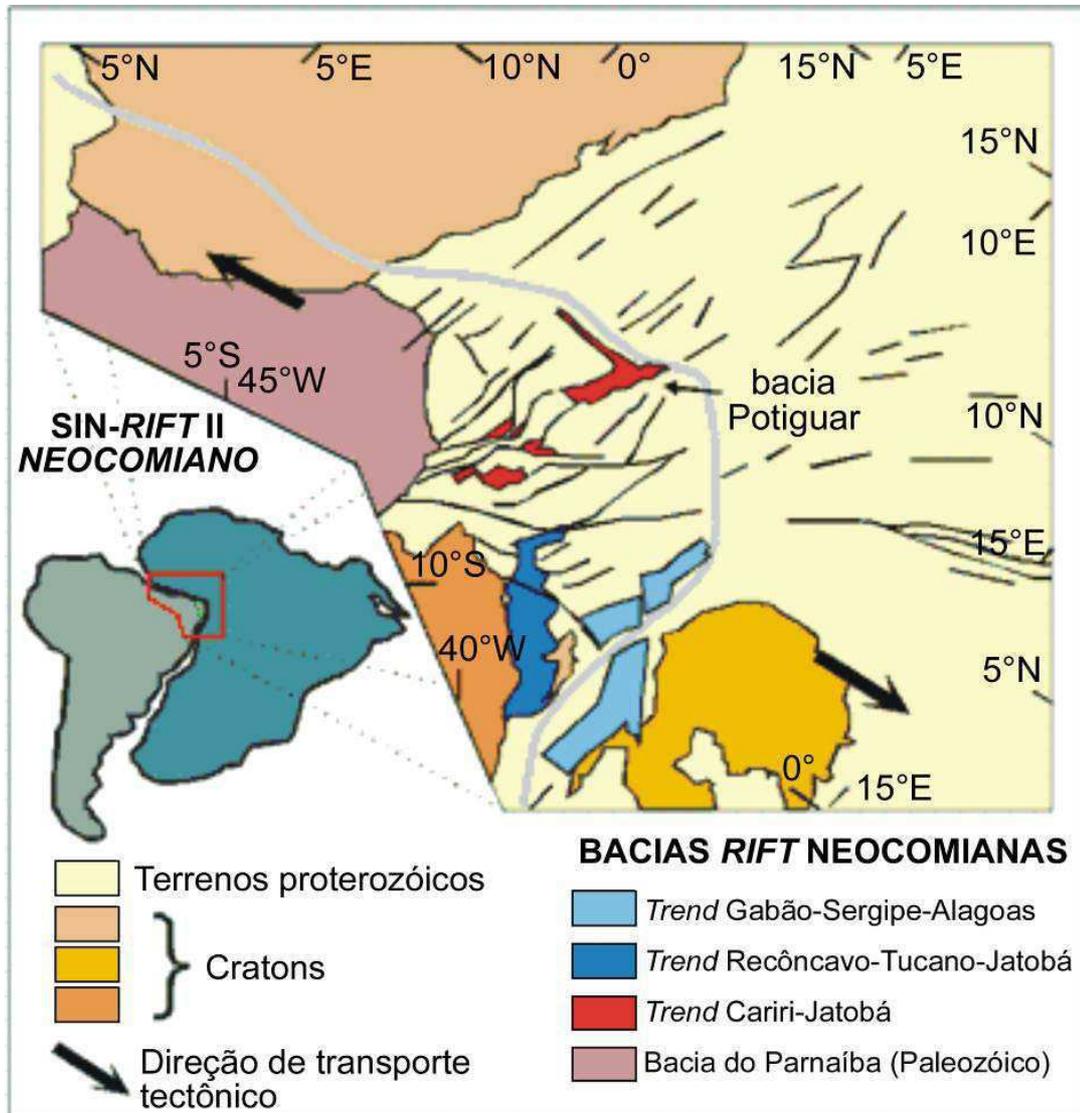


Figura 3.4 – Sistema de rifts cretáceos do Nordeste brasileiro originados em resposta ao processo de estiramento e afinamento crustal atuante na região durante a fragmentação do Gondwana

Fonte: (Soares et al., 2003).

A sua origem é relacionada à época da ruptura ou separação dos continentes africano e sul americano, e teve início no Mesozóico, a partir do fraturamento do super continente Gondwana, que resultou num Rife no Neocomiano NE-SW, coberto por sedimentos neocretáceos e terciários (Araripe & Feijó, 1994). Ponte, (1984); Farias, 1997) admitiram quer

a Bacia Potiguar pode ser dividida em quatro Megassequências representativas de episódios tectônicos distintos:

1) Megassequência Mesozóica Rift (Formação Pendências), que é responsável por 10% da distribuição do óleo;

2) Grupo de Seqüências Mesozóica Transicionais (Formação Pescada e Alagamar que responsável por 5% da distribuição de óleo);

3) Grupo de Seqüências Mesozóica fluviomarinhas transgressivas (Formação Açú responsável por 85% da distribuição do óleo, Ponta do Mel, Uburama e Jandaíra);

4) Grupo de Seqüências Mesozóica fluviomarinhas regressivas (Formações Guamaré, Tibau e Barreiras) e os sedimentos quaternários.

- A primeira megassequência, de carácter continental foi depositada durante as idades Rio da Serra e Aratu (Neocomiano), e é constituída por conglomerados, arenitos e folhelhos de origem aluvial, fluvial, deltaica e lacustre, representando a Formação Pendência;

- A segunda megassequência, de carácter transicional, foi depositada durante o Neo-Aptiano, estando constituída por depósitos lagunares e deltaicos da Formação Alagamar, e representa o primeiro registro da ingressão marinha da bacia;

- A terceira megassequência apresenta carácter transgressivo, de idade Albino-Campaniano, é constituída basicamente pelos arenitos da Formação Açú, interdigitados com, e por sedimentos carbonáticos de plataforma das formações Ponta de Mel (plataforma rasa de alta energia e fácies de mar aberto de baixa energia) e Jandaíra (sedimentos de lagunar rasa e plataforma de maré), respectivamente;

- A quarta e última megassequência, possui carácter regressivo, tendo registro contínuo na porção submersa da bacia, sendo que o continente é representado por clásticos terrígenos das formações Tibau e Barreiras, intercalados por basaltos da Formação Macau, englobados no período Terciário. Completando esta Megassequência estão os sedimentos quaternários recentes (leques aluviais, sedimentos de praia recente, dunas móveis, aluviões e manguezais) e sub-recentes (Formação Potengi, areais de dunas fixas, cascalheiras e colúvios).

Em termos lito-bio e cronoestratigráficos, a seqüência estratigráfica continental desta bacia assemelha-se as outras bacias costeiras da margem atlântico brasileira, que podem gerar e acumular carbonetos.

Os altos separam os grabens assimétricos de Apodi, Boa Vista, Umbuzeiro e Guamaré, que constituem a calha da bacia. A borda SE dos grabens de Guamaré e Umbuzeiro

é limitado por um sistema de falhas normais denominado de Carnaubais, enquanto a linha de charneira de Areia Branca limita a borda NW dos grabens de Boa Vista e Apodi (Figura 3.5).

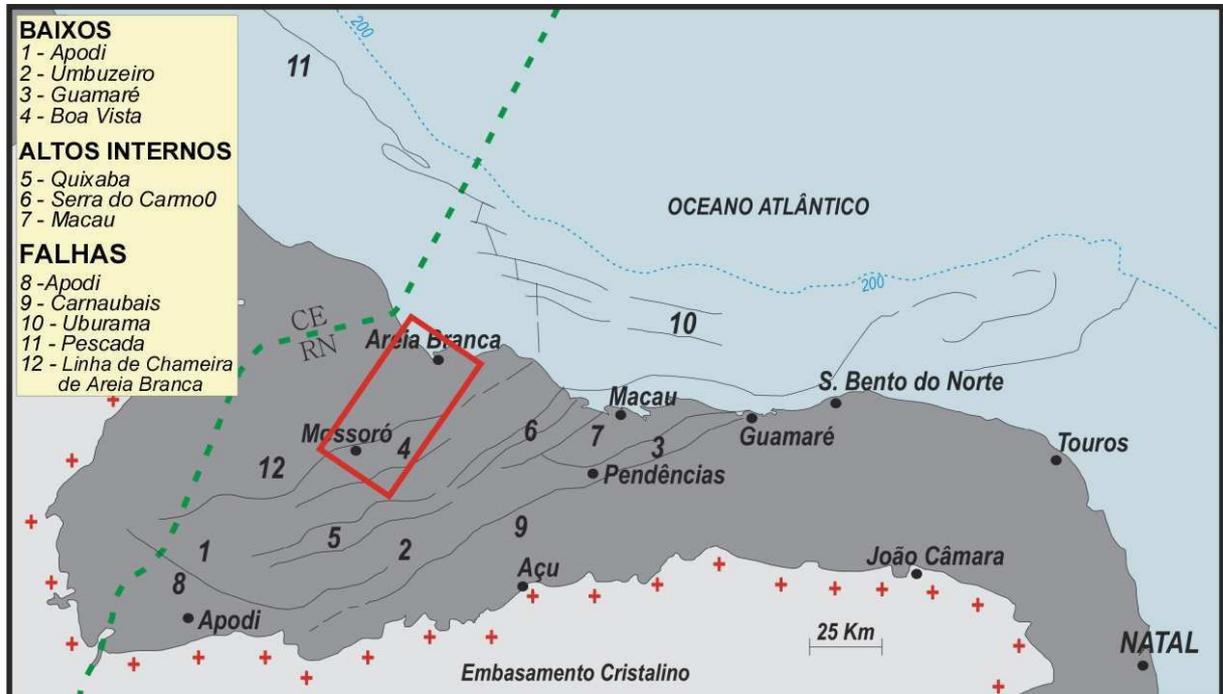


Figura 3.5 – Mapa de arcabouço estrutural da Bacia Potiguar
Fonte: (Bertani et al., 1990).

3.2 Geologia Local

A área em apreço está contida na Microrregião Homogênea de Mossoró, mais especificamente na Bacia Potiguar.

Esta Microrregião é composta por dois tipos de unidades geológicas: unidade geológica composta por rochas cristalinas e terrenos antigos, com origem no período Pré-cambriano e a outra unidade constituídas por rochas e terrenos sedimentares de idade Mesozóica e Cenozóica, onde encontramos minérios importantes como: petróleo, água subterrânea, calcário, argila, etc.

Segundo dados do DNPM (1998) e observações de campo, esta região em estudo está representada por seis unidades litoestratigráficas:

- Depósitos aluvionares (**Qa**): areia e cascalhos, com intercalações pelíticas, associados aos sistemas fluviais atuais;
- Depósitos de planícies e canais de maré (**Qm**): pelitos arenosos, carbonosos e carbonáticos;

- Depósitos de praias (**Qp**): areias finas a grossas, com níveis de cascalho, associadas às praias atuais e dunas móveis, arenitos e conglomerados com cimento carbonático;
- Paleocascalheiras (**TQc**): paraconglomerados com seixos de quartzo, sílex e fragmentos líticos, matriz areno-argilosa avermelhadas;
- Grupo Barreiras (**TQb**): arenitos finos a médios, ou conglomeráticos, com intercalações de siltitos e argilitos, predominantemente associados a sistemas fluviais;
- Formação Jandaíra (**Ki**) – calcarenitos e calcilitos bioclásticos, cinza a amarelados, com níveis evaporíticos na base, depositados em extensa planície de maré e numa plataforma rasa, carbonática.

Geologicamente, a área está representada por: sedimentos Quaternários (Holoceno), e encontram-se representados na área pelos aluviões, cuja constituição litológica é composta por sedimentos de origem fluvial, não consolidados, de natureza variada, formando camadas estratificadas sem disposição preferencial e por depósitos de material orgânico. Próximo à desembocadura dos rios Mossoró, do Carmo, Piranhas ou Açú, nas áreas influenciadas pelas águas do mar, os sedimentos deram origem a solos Gleissolos.

Nos Tabuleiros Costeiros expõem-se os sedimentos do Grupo Barreiras, onde predominam rochas areno-argilosas, com colorações variadas, de esbranquiçadas a avermelhadas.

Na Faixa Litorânea ocorrem Aluviões, constituídos por sedimentos de origem flúvio-marinha, e as dunas móveis, associadas com as areias inconsolidadas de praias.

O Cretácico está representado no Rio Grande do Norte pelo Grupo Apodi que compreende o calcário Jandaíra e o arenito Açú, sendo este inferior ao calcário. A área do calcário Jandaíra estende-se por uma faixa paralela ao litoral norte e alarga-se na Chapada do Apodi onde ocupa maior extensão. Em algumas partes o calcário encontra-se capeado pelo Grupo Barreiras-Terciário.

Segundo Castro (1995), a presença do gás sulfídrico (H_2S) no campo petrolífero Canto do Amaro é comprovada por meio das análises feitas pelo Setor de Seguridade Industrial da RPNS da PETROBRÁS no óleo produzido nas unidades de Açú. Os teores variam de 200 ppm a 3.600 ppm de H_2S . Dentre os problemas causados pelo H_2S , o alto poder corrosivo nos equipamentos e sua elevada toxicidade são os mais preocupantes.

Segundo Silva & Santos (2005), foi realizado um levantamento geoquímico visando determinar possíveis anomalias de hidrocarbonetos em sedimentos ativos de correntes e

corpos de água na região de Canto do Amaro, a amostragem foi realizada em pleno verão, os dados apresentados (análises de TPH/total em sedimentos de correntes e análises de TPH/fingerprint em águas superficiais), quando comparadas com o Padrão Holandês de Qualidade de Solos e Águas, mostraram que os valores obtidos estão dentro do que se pode chamar de valores de “background” ou nível básico do local tanto para os solos quanto para as águas. Portanto, do ponto de vista ambiental em relação a hidrocarbonetos, a área pode ser considerada limpa.

CAPÍTULO IV

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Riscos Ambientais

4.1.1 Apresentação

No mundo inteiro, todos os anos são registrados milhões de vítimas, cujas mortes são ocasionadas por desastres ambientais ou naturais como induzidos pela atividade antrópica, na maioria das vezes essas mortes poderiam ser evitadas. Uma das causas desse aumento de vítimas está relacionada com o crescimento dos centros urbanos e a consequente concentração populacional. Destaca-se que o dano causado pelo maior acidente do mundo ocorreu em 1979 decorrente de uma plataforma semi submersa localizada a 80 km fora da costa leste do México, devido a proporção do vazamento de grande porte, com 476 mil toneladas de petróleo bruto derramado que causou grandes prejuízos ao turismo do Golfo do México e a indústria de pesca, por eliminar muitas espécies de peixes em larga escala.

As perdas econômicas provocadas pelos desastres foram oito vezes maiores entre 1986 e 1995 do que na década de 1960. Durante os anos de 1990 a 1999, os grandes desastres ambientais do mundo somaram um prejuízo de 480 bilhões de dólares, enquanto representaram, somente no biênio 1997-98, um montante de 120 bilhões de dólares. Já no Brasil, estima-se que os danos ambientais geram prejuízos da ordem de 700 milhões de dólares ao ano, pois temos, em comparação com EUA, 50% mais acidentes no setor industrial (Sarney Filho, 2003).

As catástrofes ambientais, uma das mais graves são os grandes derramamentos de petróleo, fundamentalmente quando estes acontecem em regiões costeiras. Como exemplos desses acidentes, destacam-se os derrames do Argo Merchant (17.000 m³) e Amoco Cadiz

(622.000 m³) acontecidos no Mar do Norte, Exxon Valdez no Alasca (40.000 m³) ou o acontecido no Brasil, na Baía de Guanabara, em 2001, com 1.000 m³ (Paladini, 2000, apud Castro et al., 2005). Por menor que seja um derramamento de óleo em áreas costeiras, ainda sim possui conseqüências negativas, principalmente em nível ambiental e econômico.

Nos países em desenvolvimento a população mais pobre está frequentemente assentada em locais inadequados, onde constroem precárias habitações em terrenos instáveis, sujeitos as inundações, deslizamentos, atividade antrópica, enchentes, ou próximos a locais de atividades industriais perigosas, que constituem os desastres ambientais nos verões no Brasil. Desastres e pobreza se reforçam mutuamente. As implicações econômicas dos desastres são constituídas pelos prejuízos diretos.

Os acidentes ambientais têm-se intensificado no Brasil, recentemente ocorreu um vazamento de mais de um bilhão de litros de resíduos tóxicos da indústria Cataguazes de papel, em afluentes do rio Paraíba do Sul, que atingiu Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, afetando mais de quarenta municípios. No estado do Rio de Janeiro, onde foram derramados 1,2 milhões de litros de óleo de um dos 14 dutos que ligam a refinaria Duque de Caxias, na baixada Fluminense, ao terminal da Ilha D'água, na ilha do Governador.

Na Baía de Paranaguá um navio Chileno, em novembro de 2004, causou derramamento de óleo, quando desembarcava uma carga de 14 milhões de litros de metanol no Porto de Paranaguá. O navio afundou junto ao terminal e também derramou parte de sua reserva de 1.350 toneladas de óleo diesel e óleo combustível pela baía, contaminando várias áreas de preservação ambiental e de reprodução biológica.

4.1.2 Conceituação

O estudo de risco ambiental apareceu nos Estados Unidos de 1940 a 1950, paralelamente ao lançamento da indústria nuclear e também para a segurança de instalações de refinação de petróleo, indústria química e aeroespacial. No Brasil, especificamente em Cubatão com o Plano de Controle da Poluição, em 1983, desencadeou-se uma série de exigências para garantir a boa operação e manutenção de processos e tubulações e terminais de petróleo e de produtos químicos, dando-se início ao uso institucional desse tipo de estudo de risco. Para o risco ecológico podemos afirmar que o mesmo encontra-se na sua infância ao nível internacional e praticamente inexistente aqui no Brasil. Entretanto, o significativo aumento do seu interesse ao nível de toda a população do planeta, face aos riscos eminentes

que estão sendo mostrados, faz com que possamos tomar mais atenção e assumirmos mais comprometermos em função das valiosas reservas de recursos naturais ainda aqui existentes.

Segundo Page (1978) apud Egler (1997) a noção de risco ambiental foi originalmente sistematizada quando se distinguiu claramente a visão tradicional de poluição do conceito de risco, que está relacionado à incerteza e ao desconhecimento das verdadeiras dimensões do problema ambiental. Page (1978) aponta características para sustentar esta separação radical, algumas delas associadas à incerteza dos efeitos futuros de decisões tomadas no presente e outras ligadas à gestão institucional.

No estudo ambiental é costumeiro observar os efeitos das substâncias químicas consideradas poluentes sobre o homem ou mais amplamente, sobre o meio ambiente. Os efeitos podem decorrer das emissões contínuas ou intermitentes provenientes das indústrias, das diversas formas de transporte ou, genericamente, da atividade antrópica.

Uma das abordagens de risco bastante disseminada na área ambiental está associada com a manipulação de substâncias químicas consideradas altamente perigosas, presentes na atividade industrial, de armazenagem e nas diversas formas de transporte, com predominância para o transporte por dutos. É possível estimar e avaliar o risco dessas atividades, bem como propor formas de gerenciamento desse risco. Logo, risco é definido como a combinação entre a frequência de ocorrência de um acidente e a sua consequência (CESTEB, 2006).

Segundo Bolt et al. (1975):

“A possibilidade de ocorrência de uma erupção vulcânica ou de uma enchente em ilha desabitada não caracteriza uma situação de risco. Uma situação de risco só se caracteriza quando a informação geológica é combinada com circunstâncias sociais e econômicas”.

O conceito de risco ambiental representa a conjugação da categoria de frequência ou probabilidade com a categoria de gravidade de um acidente de poluição por óleo (ou outro agente estressor) provocada por um conjunto de situações e circunstâncias específicas, como falhas operacionais, humanas e equipamentos. (Antunes, 2006). Portanto, entende-se que risco é definido como a probabilidade que certo evento possa ocorrer e a dimensão qualitativa do dano que este possa derivar.

Os riscos ambientais se dividem em duas grandes categorias em riscos naturais e antrópicos. Os riscos antrópicos são divididos em tecnológicos e sociais como apresentado na Figura 4.1.



Figura 4.1 – Classificação de riscos ambientais (Cerri & Amaral, 1998)

Segundo Egler (1997) o risco natural, associado ao comportamento dinâmico dos sistemas naturais, isto é considerando o seu grau de estabilidade/instabilidade expresso na sua vulnerabilidade a eventos críticos de curta ou longa duração, tais como inundações, desabamentos e aceleração de processos erosivos; o risco tecnológico está relacionado com o meio de transporte, com construção civil, com incêndios em instalações industriais, explosões, vazamentos ou derramamentos de produtos tóxicos, como também a contaminação em longo prazo dos sistemas naturais por lançamento e deposição de resíduos do processo produtivo; o risco social, visto como resultante das carências sociais ao pleno desenvolvimento humano que contribuem para a degradação das condições de vida. Sua manifestação mais aparente está nas condições de habitabilidade, expressa no acesso aos serviços básicos, tais como água tratada, esgotamento de resíduos e coleta de lixo.

4.2 Riscos e Vulnerabilidades

Os desastres são determinados pelos riscos e pelas vulnerabilidades, não se podendo falar em vulnerabilidades, sem entendermos o que são riscos e desastres.

$$\text{DESASTRE} = \text{RISCO} \times \text{VULNERABILIDADE}$$

Desastre é qualquer perda de vidas humanas, bens materiais e/ou ambientais causada por um evento perigoso, de origem natural ou humana, que pode ter uma escala pessoal, familiar, comunal, regional, nacional ou internacional e, por sua vez, têm a ver com alteração ou interrupção da vida cotidiana de uma comunidade, devido à incapacidade de recuperação,

por meios próprios, pois os impactos destrutivos excedem a capacidade de adaptação e ajustamento, em termos de resposta para absorver o efeito produzido (Cardona, 1993; González et al., 2002).

Na análise dos desastres podem ser adotados dois enfoques: o fiscalista e o social. O primeiro, mais difundido, tomou como ponto de partida a idéia de que os desastres são característicos de fenômenos naturais perigosos que ocorrem irremediavelmente sobre o homem e suas atividades. Assim, a magnitude de um desastre é considerada como função da severidade, magnitude e intensidade do evento ou fenômeno físico (Lavell, 1996) e, ainda, são categorizados como ‘imprevisíveis’, ‘não-manejáveis’, ‘inevitáveis’, ‘atos de Deus’ ou, se não, como produtos inevitáveis de forças naturais extremas (Maskrey, 1998). Já o enfoque social considera que o elemento ativo é a vulnerabilidade e os processos e estruturas socioeconômicas, políticas e culturais que a moldam, ou seja, é a vulnerabilidade que determina o caráter dos desastres.

Os desastres humanos são provocados pelas ações ou omissões do homem. O homem é ao mesmo tempo o agente e o ator. Estes desastres podem trazer sérias conseqüências e rupturas ao meio ambiente, ao habitat humano e ao próprio homem como espécie.

Ameaça é definida como a probabilidade de ocorrência de um fenômeno físico, potencialmente desastroso, de origem natural, tecnológica ou provocada pelo homem, que pode manifestar-se em um local e durante um determinado tempo, frente ao qual uma comunidade particular está exposta e é vulnerável. Por sua vez, o fenômeno natural é caracterizado por sua dimensão e situação geográfica (Cardona, 1996).

A presença de um fenômeno natural ou antrópico, essencial para a ocorrência de um desastre, não oferece uma explicação suficiente para entender a maioria dos desastres que se sucedem. A transformação de uma ameaça em um desastre requer necessariamente que ocorra impacto negativo numa matriz humana vulnerável (Lavell, 1994).

Os riscos a desastres são socialmente construídos e a gente contribui a exacerbá-los e modificá-los (Cutter, 2001). Da combinação das ameaças e de como a população lhes enfrenta é que surge o risco a desastre e, eventualmente, ocorre o desastre (Umaña, 2002).

O risco a desastre – destruição ou perda esperada – corresponde ao potencial de perdas que podem ocorrer ao sujeito ou sistema exposto, resultado da convolução da probabilidade de ocorrência de ameaças e da vulnerabilidade dos elementos expostos a tais ameaças:

RISCO A DESASTRE = AMEAÇA x VULNERABILIDADE

Matematicamente risco a desastre é a probabilidade de que ocorra um desastre ou, é a probabilidade de que um evento ou fenômeno ameaçador, natural ou antrópico atue sobre um sistema socioeconômico com certo nível de vulnerabilidade, resultando num desastre (Maskrey, 1994).

Para estimar o risco a desastre é necessário, de acordo com sua definição, ter em conta, desde o ponto de vista multidisciplinar, não somente o dano físico esperado, as vítimas ou perdas econômicas equivalentes, mas também fatores sociais, organizacionais e institucionais, relacionados com o desenvolvimento das comunidades.

A deficiente informação, comunicação e conhecimento entre os atores sociais, a ausência de organização institucional e comunitária, as debilidades na preparação para a atenção de emergências, a instabilidade política e a falta de saúde econômica contribuem, em uma área geográfica, a ter um maior risco (Cardona, 2001).

A acumulação de riscos a desastres está relacionada à falta de políticas públicas, ou de estratégias orientadas a sua gestão e, ainda, à inexistência de estruturas administrativas e sistemas legislativos adequados, tanto em nível local, como nacional e regional (PNUD, 2002).

A vulnerabilidade é essencialmente uma condição humana, uma característica da estrutura social e um produto de processos sociais históricos (Lavell, 1994). Implica uma combinação de fatores que determinam o grau até o qual a vida e a sobrevivência de alguém ficam em risco por um evento distinto e identificável da natureza ou da sociedade (Blaikie et al., 1996). Podemos afirmar então, que vulnerabilidade é o mesmo que insegurança. Quando alguém está em uma situação de vulnerabilidade, este alguém está inseguro.

A vulnerabilidade dos elementos expostos às ameaças está intimamente relacionada às características dos membros da sociedade, em termos de sua capacidade para antecipar, enfrentar, resistir e se recuperar do impacto negativo (Haque & Branco, 1998) ou à incapacidade de uma comunidade para absorver, mediante o auto-ajuste, os efeitos de uma determinada mudança em seu meio ambiente (Wilches-Chaux, 1993).

A vulnerabilidade não se determina por fenômenos perigosos, mas por certos processos sociais, econômicos e políticos; daí que os mais vulneráveis são os países mais pobres e dependentes, as regiões mais desfavorecidas e a população com menos recursos (Gareis et al., 1997). De forma geral, o pobre sofre mais com os desastres que o rico, se bem

que pobreza e vulnerabilidade não são sinônimas, ainda que às vezes estejam estreitamente relacionadas (Blaikie et al., 1996).

Os desastres naturais aceleram o processo de degradação e limitam ainda mais o uso dos recursos naturais, (Narayan et al., 2003), muitos deles já gravemente deteriorados (Cutter, 2001). Os pobres para sobreviver se vêm obrigados a explorar os recursos ambientais, aumentando assim, tanto o risco como a exposição aos desastres, especialmente aqueles provocados por inundações, secas e deslizamentos (EIRD, 2002). Um paralelo pode ser estabelecido com os desastres tecnológicos, como o que aconteceu na Vila Socó, no município de Cubatão (SP) em 1984, quando um dos dutos da PETROBRAS, corroído pela ferrugem, que passava sob a favela se rompeu e o combustível pegou fogo matando mais de 500 pessoas. Este pode ser considerado como um dos desastres tecnológicos de maior magnitude da história do país. Outro desastre tecnológico envolvendo o petróleo, também ocorreu no Rio Grande do Sul, em 1997, que foi o derramamento de óleo contaminado com mercúrio líquido, que contaminou o rio Gravataí. Outro exemplo foi o do Osasco Plaza Shopping, no Estado de São Paulo, em 1996, pelo vazamento de gás da instalação subterrânea de canos para distribuir GLP, o vazamento, e o gás acumulado explodiu e matou mais de 40 pessoas, além de causar ferimentos diversos em inúmeras pessoas. Além do mais, inúmeros desastres tecnológicos, de diferentes magnitudes, acontecem diariamente no país, desde os rodoviários devido à precariedade das nossas rodovias, ao estado de conservação de grande parte dos veículos que circulam por elas, e aos erros humanos na condução dos veículos até industriais, que contaminam o meio ambiente, como os solos e as águas dos mananciais e dos corpos d'água, colocando em risco a saúde e a vida da população.

Neste contexto, o pobre tem em grande parte de sua vida normal uma evidente luta contínua, na qual suas condições podem assimilar-se a um desastre (Blaikie et al., 1996). As principais inquietudes dos habitantes pobres não estão relacionadas com os problemas ambientais, mas com as questões do campo social e econômico. As condições de vida são muito penosas e monopolizam o interesse da população (Chardon, 1997).

A maior vulnerabilidade dos segmentos pobres da população também está associada a sua escassa possibilidade de participar nas políticas públicas (CEPAL & BID, 2003). A falta de poder e de voz também influi no aumento da sensação de vulnerabilidade e na incapacidade da população pobre para se proteger das comoções (Narayan et al., 2003).

É necessário ressaltar que a vulnerabilidade em si mesma constitui um sistema dinâmico, isto é, surge como consequência da interação de uma série de fatores e

características – internas e externas – que convergem em uma comunidade particular. O resultado dessa interação é a incapacidade da comunidade para responder adequadamente ante a presença de uma ameaça determinada. Wilches-Chaux (1993) denominou *Vulnerabilidade Global*, a essa interação de fatores e características.

4.2.1 Dos riscos às vulnerabilidades de dutovia

O transporte em dutos por petróleo e seus derivados começou efetivamente a ser utilizado em 1930. Este transporte deve-se principalmente a facilidade de interligar três pontos importantes deste setor, fontes de produção, refinarias e centros de consumo.

No Brasil esta modalidade de transporte inicia-se em 1942, no Estado da Bahia, para atender o escoamento das fontes de produção. Desde então, este serviço tem mostrado um franco crescimento em todo o Brasil. (Bicalho, 2004).

Em 2000, a malha dutoviária de transporte já era de aproximadamente 15.000 km, sendo 7.500 km de oleodutos ou polidutos e cerca de 7.500 km de gasodutos. Atualmente foram construídos vários gasodutos: gasoduto Brasil/Bolívia, (GASBOL) hoje em operação, subdivide-se em 13 trechos, desde Santa Cruz de La Sierra, na Bolívia, até Porto Alegre-RS no Brasil apresentando uma extensão de 3.056 km, sendo 2.614 km em território brasileiro; Pólo industrial de Guamaré – RN saem dois gasodutos o GASFOR que vai até Porto do Pecém, no Estado do Ceará com 377 km e o gasoduto Nordesteão, que vai até o estado de Pernambuco; gasoduto Pilar (AL) / Cabo (PE) com extensão de 194 km; gasoduto João Pessoa (PB) a cidade de Campina Grande (PB) com aproximadamente 130 km de extensão, etc. Existe um projeto de construção de um grande gasoduto entre Venezuela/Brasil/Argentina com cerca de 8.000 km.

Acidentes com este sistema de transporte têm mostrado a enorme complexidade e extensão dos danos causados não só ao patrimônio das empresas, mas, principalmente, aos ecossistemas e as comunidades do entorno destes eventos.

Uma explosão de um gasoduto, em Guadalajara, no México, matou 200 pessoas em 1992. No ano de 2000, houve ainda a ocorrência de vazamentos na Baía da Guanabara e no estado do Paraná com grande efeito sobre o meio ambiente (Bicalho, 2004).

O caso de maior impacto no Brasil ocorreu na Vila Socó em Cubatão, em 1984, onde uma das linhas que interliga a refinaria Presidente Bernardes, em Cubatão, rompeu devido a uma corrosão associado à falha operacional, seguido de incêndio, causando cerca de 500

vítimas, das quais 93 fatais. Em Barueri no ano 2001, houve um vazamento de GLP (Gás liquefeito de Petróleo) devido a furo no duto. Houve o vazamento de gasolina em uma região alagadiça de manguezal, onde estavam assentadas várias famílias em construções do tipo palafitas. A liberação de um produto inflamável se espalhou com a movimentação das marés e, ocorrendo ignição seguida de incêndio de grandes proporções, causou a morte de 38 pessoas e 53 vítimas além de cerca de quinhentos desabrigados, em pânico na comunidade de Barueri, nas cidades vizinhas e interdição da Rodovia Anchieta, situada paralelamente à linha do duto e contaminação de extensa área de manguezal (Bicalho, 2004).

A análise de vulnerabilidade para dutos de transporte consiste no conjunto de modelos e técnicas usadas para estimativa das áreas potencialmente sujeitas aos efeitos danosos de liberações acidentais de substâncias perigosas e/ou energia de forma descontrolada. Estas liberações descontroladas geram os chamados efeitos físicos dos acidentes (sobrepressão, fluxo térmico e incêndio em nuvem) que potencialmente podem gerar danos às pessoas e/ou instalações. A extensão dos possíveis danos é determinada pela intensidade do efeito físico causador do dano. A relação entre a intensidade do efeito físico e o dano correspondente é avaliada por meio dos modelos de vulnerabilidade.

Nos gasodutos da Europa Ocidental, no período de 1972-76, houveram noventa e três acidentes e no período 1987-91 diminuiu para um total de 50 acidentes (Oliveira et al., 1999 apud Bicalho, 2004).

4.2.2 Riscos e vulnerabilidades da infra-estrutura exploratória do campo Canto do Amaro

A PETROBRÁS tem suas próprias diretrizes de segurança, meio ambiente e saúde, definidas em sua **POLÍTICA DE SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE (SMS)**. Ao todo são 15 diretrizes (PETROBRÁS, 2005). A diretriz de número 3 – *“Avaliação e Gestão dos Riscos”*, que versa *“Riscos inerentes às atividades da empresa devem ser identificados, avaliados e gerenciados de modo a evitar a ocorrência de acidentes e/ou assegurar a minimização de seus efeitos”*, tem os seguintes requisitos:

- Implementação de mecanismos que permitam, de forma sistemática, identificar e avaliar a frequência e as conseqüências de eventos indesejáveis, visando a sua prevenção e/ou máxima redução de seus efeitos.

- Implementação de mecanismos para priorização dos riscos identificados, bem como a documentação, a comunicação e o acompanhamento das medidas adotadas para controlá-los.

- Incorporação de processos de avaliação de risco a todas as fases dos empreendimentos e produtos, incluindo os relacionados à proteção da força de trabalho, comunidades vizinhas e consumidor final.

- Realização de avaliações de risco periódicas ou à medida que se identifiquem mudanças nos processos.

- Implementação de gestão de riscos de acordo com sua natureza e magnitude, nos diversos níveis administrativos.

A diretriz número 5, “*Operação e Manutenção*”, diz que:

“As operações da empresa devem ser executadas de acordo com procedimentos estabelecidos e utilizando instalações e equipamentos adequados, inspecionados e em condições de assegurar o atendimento às exigências de segurança, meio ambiente e saúde” (PETROBRÁS, 2005).

Tem como requisitos os seguintes itens:

- Adoção de práticas operacionais seguras, que preservem a saúde da força de trabalho e reduzam ao máximo os riscos de acidentes.

- Verificação e atualização sistemáticas de todos os procedimentos operacionais, observadas as recomendações provenientes das avaliações de risco.

- Implementação de mecanismos que permitam, com a máxima rapidez, a identificação, caracterização e correção dos casos de não-conformidade com os procedimentos estabelecidos.

- Execução das atividades de inspeção e manutenção de acordo com os procedimentos estabelecidos, de modo a manter o controle sobre seus riscos.

- Execução de programas específicos de inspeção, teste e manutenção associados a sistemas de segurança, integridade e proteção das instalações, de modo a assegurar sua confiabilidade.

- Identificação, análise e monitoramento de impactos causados pelas atividades da empresa à saúde e ao meio ambiente, buscando a contínua redução de seus efeitos.

- Implementação de mecanismos que preservem a saúde da força de trabalho, buscando assegurar-lhe, sempre que necessário, diagnóstico precoce, atendimento imediato, interrupção de exposição, limitação de dano e reabilitação.

A diretriz 11 “**Contingência**” diz que “*As situações de emergência devem estar previstas e ser enfrentadas com rapidez e eficácia visando à máxima redução de seus efeitos*”, e seus requisitos são:

- Garantia de que os planos de contingência de cada unidade estejam avaliados, revisados e atualizados, bem como integrados aos planos de contingência regionais e corporativos da empresa.

- Desenvolvimento de programas de esclarecimento e treinamento junto às comunidades potencialmente expostas a riscos, visando sua incorporação aos planos de contingência.

- Adequação dos planos de contingência às variações de risco eventualmente identificadas.

- Consideração, nos planos de contingência, dos impactos sociais, econômicos e ambientais decorrentes de possíveis acidentes.

- Implementação de mecanismos que assegurem a atualização, divulgação e pronto acesso aos planos de contingência por parte da força de trabalho, órgãos governamentais e não governamentais, comunidades e demais partes interessadas.

- Realização periódica de treinamentos e exercícios simulados com a participação de todos os envolvidos e posterior avaliação dos resultados.

A diretriz número 12 “**Relacionamento com a Comunidade**” diz que “*A empresa deve zelar pela segurança das comunidades onde atua, bem como mantê-las informadas sobre impactos e/ou riscos eventualmente decorrentes de suas atividades*”, sendo os seus requisitos:

- Avaliação dos eventuais impactos que as atividades da empresa possam causar às comunidades, tanto do ponto de vista de SMS como social e econômico, de modo a evitá-los ou reduzir ao máximo seus efeitos indesejáveis.

- Garantia de que essa avaliação acompanhe todo o ciclo de vida das atividades.

- Manutenção de canais de comunicação com as comunidades vizinhas de modo a mantê-las informadas sobre planos de contingência, considerando, nesse processo, opiniões, sugestões e preocupações por elas manifestadas.

- Implementação de programas de esclarecimento e treinamento junto às comunidades potencialmente expostas a riscos, de modo a estimular seu comprometimento com as medidas de prevenção e contingência.

- Implementação de programas de saúde e educação ambiental junto às comunidades vizinhas, bem como de ações que promovam seu desenvolvimento sustentável.

Quanto a Prevenção, um dos pontos a ser destacado enfatiza que “*A prevenção envolve ainda a avaliação das condições geotécnicas das faixas de terra por onde passam os dutos, que podem ser afetadas pelas marés, chuvas e erosão*”. No entanto não trata das linhas de superfície, que transportam o óleo desde o poço até as estações coletoras, nos campos petrolíferos.

4.3 Degradação das Terras e Desertificação

O tema Desertificação vem sendo discutido pela comunidade internacional desde 1977, quando da realização, em Nairobi, da Conferência Internacional das Nações Unidas para Combate à Desertificação (CCD). A partir desta conferência, foi criado o Plano de Ação de Combate à Desertificação – PACD, que visava desenvolver ações em âmbito mundial, com adesão voluntária dos países que participaram da conferência.

“A desertificação não se refere à expansão dos desertos existentes. Ela sucede porque os ecossistemas das terras áridas, que cobrem um terço do total das terras, é extremamente vulnerável a exploração e ao uso inapropriado da terra. A pobreza, a instabilidade política, o desmatamento e práticas incorretas de irrigação podem minar a fertilidade das terras” (FAO, 2005).

A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África (CCD) seguindo os pressupostos da Agenda 21, define a desertificação como sendo “**a degradação das terras nas zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas resultante de fatores diversos tais como as variações climáticas e as atividades humanas**”, sendo que por **degradação da terra** se entende: a redução ou a perda da produtividade biológica ou econômica das terras agrícolas de sequeiro, das terras de cultivo irrigado, dos pastos, das florestas e dos bosques em zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, pelos sistemas de utilização da terra ou por um processo ou uma combinação de processos, incluídos os resultantes de atividades humanas e padrões de povoamento, tais como:

- (i) a erosão do solo causada pelo vento ou pela água,
- (ii) a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou das propriedades econômicas do solo, e
- (iii) a perda duradoura da vegetação natural.

Por **terra** se entende o sistema bioprodutivo terrestre que compreende o solo, a vegetação, outros componentes da biota e os processos ecológicos e hidrológicos que se desenvolvem dentro do sistema.

No prólogo do documento final da CCD destaca-se a consideração 6, que diz: ***“Nota-se também que a desertificação é causada por uma complexa interação entre os fatores físicos, biológico, político, social, cultural e econômico”***.

A degradação das terras, como no processo da desertificação, é um sério problema global, que afeta 33% das terras superficiais e cerca de 2,6 bilhões de pessoas, particularmente na região sub-saariana, na África, onde vivem mais de 200 milhões de pessoas e de 20 a 50% das terras estão degradadas e desertificadas. Na América Latina e no Caribe, mais de 306 milhões de hectares apresentam sérios problemas de degradação devido à erosão do solo, perda da matéria orgânica, compactação e salinização, cujas causas se devem, principalmente, as ações humanas como sobrepastoreio, superexploração da vegetação e uso inapropriado da irrigação (UNCCD,1977).

A região do Semi-Árido brasileiro abriga uma população de aproximadamente de 21 milhões de habitantes, cobrindo uma área de 969.589 km², numa extensão de 100 milhões de hectares, onde alcança a maior parte do território de oito estados brasileiros (PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE e BA) e parte do norte de Minas Gerais, que abrange a Região Nordeste (INSA, 2007).

Segundo Lemos (2001), de acordo com estudo realizado no nordeste brasileiro, o Índice de Degradação (ID) ambiental é muito alto. Com base nos resultados da pesquisa estima-se que 62,6% dos nove municípios estudados do nordeste apresentam percentual de degradação superior a 80% e que a Bahia é o estado com maior média em termos Índice de Degradação. Foi também estimado que pelo menos 7,6 milhões de habitantes do nordeste sobrevivem em áreas afetadas por níveis de degradação superiores a 60%. O estado do Rio Grande do Norte, em particular apresenta 80,5% do seu território afetado por diversos níveis

de degradação ambiental dos quais 58% em estado grave notadamente no denominado “Núcleo do Seridó”.

Estima-se que, como resultado da desertificação, no mundo todos os anos se percam 24 bilhões de toneladas de camada arável do solo, o que afeta negativamente a produção agrícola e o desenvolvimento sustentável.

A severidade da desertificação depende de fatores que podem variar com a região, país, ano. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – FAO, (2005) eles incluem:

- (i) a severidade das condições climáticas durante o período considerado particularmente em termos de precipitação anual;
- (ii) a pressão populacional e o padrão de vida das pessoas envolvidas;
- (iii) o nível de desenvolvimento do país, e a qualidade de medidas preventivas tomadas.

A CCD, (1997) entende por combate à desertificação as atividades que fazem parte de um aproveitamento integrado da terra das zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas para o desenvolvimento sustentado e que tenham por objetivo:

- (i) a prevenção ou a redução da degradação das terras,
- (ii) a re-habilitação das terras parcialmente degradadas, e
- (iii) a recuperação de terras desertificadas;

O combate à desertificação é uma batalha pela vida e deve estar envolvido de forma integral nas políticas públicas de desenvolvimento sustentável das áreas afetadas, sendo que o aspecto chave é a participação das pessoas diretamente afetadas, na elaboração dessas políticas.

O processo de desertificação se manifesta de duas maneiras diferentes, de acordo com PROJETO BRA/93/036 (1997):

- 1- Difuso no território, abrangendo diferentes níveis de degradação dos solos, da vegetação e dos recursos hídricos,
- 2- Concentrado em pequenas porções do território, porém com intensa degradação dos recursos da terra (predomínio dos núcleos de desertificação).

A CCD (1997) definiu os principais impactos provocados pela desertificação, tais como os ambientais, os sociais e os econômicos.

Os impactos ambientais podem ser visualizados através da destruição da biodiversidade (flora e fauna), da diminuição da disponibilidade de recursos hídricos, através do assoreamento de rios e reservatórios, da perda física e química de solos. Todos estes fatores reduzem o potencial biológico da terra, reduzindo a produtividade agrícola e, portanto, impactando as populações.

Os prejuízos sociais podem ser caracterizados pelas importantes mudanças locais que a crescente perda da capacidade produtiva provoca nas unidades familiares. As migrações desestruturam as famílias e impactam as zonas urbanas, que quase sempre não estão em condições de oferecer serviços às massas de migrantes que para lá se deslocam. É importante lembrar que a população afetada caracteriza-se por alta vulnerabilidade, já que está entre os mais pobres da região, com índices de qualidade de vida muito abaixo da média nacional.

As perdas econômicas causadas pela desertificação também são de grande importância. No Brasil, conforme diagnóstico realizado pelo MMA, as perdas econômicas podem chegar a US\$ 800 milhões por ano devido à desertificação. Os custos de recuperação das áreas mais afetadas alcançam US\$ 2 bilhões para um período de vinte anos.

A carência de conhecimentos apropriados, aliada ao uso inadequado dos fatores produtivos e ao desconhecimento do funcionamento integrado do meio-ambiente, tem sido um dos agravantes da degradação e da perda do potencial produtivo das terras. Essa carência profissional, aliada à própria falta de uma educação adequada de convívio com o semi-árido, se constitui num fator agravante da agressividade das atividades produtivas, promovendo o irracionalismo da produção e não permitindo o caminhar em direção da sustentabilidade.

A adoção de modernas tecnologias que permitem maior eficiência, redução de perdas, garantia de produção e ganho de produtividade como a irrigação, uso de fertilizantes, defensivos e biotecnologia, não tem sido suficiente para minimizar a questão alimentar no mundo e, enquanto novas áreas de produção são incorporadas, outras são abandonadas ou se tornam improdutivas, pelo uso inadequado e predatório dos recursos naturais (PAZ et al., 2000).

Algumas culturas xerófilas (plantas adaptadas ao clima semi-árido e que perdem as folhas durante a seca), possuem um enorme potencial comercial, faltando-lhe ainda o amparo da ciência e tecnologia vinculada à comercialização, bem como uma extensão rural sensata e um crédito adequado, como é o caso da carnaúba (presente na área de estudo) (DUQUE, 1980). O cultivo da carnaúba permite a exploração intercalada de culturas anuais adaptadas, como o algodão e o gergelim, bem como a implantação de pastagens para pecuária. Outra vantagem é que o período da safra ocorre na época das estiagens (agosto a dezembro), período em que a escassez de serviços para a família rural é maior.

A exploração dessa cultura no semi-árido, no geral, ainda ocorre de forma extrativista, e os donos dos carnaubais comercializam tanto a cera, como as vassouras com atravessadores, reduzindo assim a margem de lucro dos produtos. Outras vezes o carnaubal é arrendado a terceiros, que exploram as plantas de uma forma bastante predatória, utilizando fogo e comprometendo a longevidade das mesmas. Vale ressaltar que a carnaúba que cresce no semi-árido é a única no mundo que produz cera, e está sendo utilizada no revestimento dos dutos da Petrobrás.

Pressupondo, que a cobertura vegetal presente numa área, tem grande influência sobre o escoamento superficial e a produção de sedimentos. Santos et al,(2000) usaram modelos matemáticos para relacionar o tipo de cobertura vegetal com a erosão do solo em ambiente semi-árido, concluindo que as áreas desmatadas têm grande influência no processo de erosão do solo, enquanto a produção de sedimentos diminui significativamente quando o solo está protegido pela vegetação nativa e/ou pelos restos vegetais.

Ao propiciar maior escoamento superficial, o desmatamento também é responsável pela redução da infiltração de água no solo, ocasionando uma menor quantidade de água para o abastecimento do lençol freático, que aliado ao uso inadequado dessa água, ocasiona o abaixamento do seu nível. O desmatamento aumenta a evaporação, pois o solo sob intensa radiação solar absorve muito infravermelho próximo, e aumenta em muito sua temperatura, e com isso aumenta a evaporação da água nele contida, e a destruição dos microorganismos chamados de decompositores.

Todo esse processo de degradação tem trazido preocupações constantes, tanto aos técnicos do setor, como as populações mais carentes, que dependem da vegetação como forma de sobrevivência, seja na utilização imediata do produto para cozimento ou na venda da lenha ou do carvão vegetal como opção de renda (Lins & Medeiros, 1992).

4.4 Geoprocessamento

O final do século XX tem assistido a um progresso generalizado na era do gerenciamento de informações. A automatização dos métodos topográficos, a utilização da aerofotogrametria no mapeamento e, recentemente os satélites tem permitido um melhor conhecimento e mapeamento do nosso planeta.

Nosso tempo é marcado pela importância da informação. Estar informado é importante. Mas, saber encontrar informações, organizá-las, processá-las, visualizá-las e tirar proveito delas, isso é evoluir. Esse processo de evolução passa pela utilização de informações mais ricas, mais completas, que são as geoinformações. A Geoinformação é a união da valiosa informação a um atributo geográfico. O que significa que ela tem um endereço e carrega consigo as coordenadas (longitude, altitude e latitude) do local a que se refere. Afinal, tudo acontece ou está em algum lugar e, com certeza, ajuda muito a localizar onde é este lugar. Uma informação que tem aliada a sua posição geográfica é chamada de informação georreferenciada, no sentido de ter referência através das coordenadas, com algum ponto do nosso Geóide, a Terra. As coordenadas são convencionalmente dispostas em um mapa, que também é uma geoinformação (gráfica), pois torna possível visualizar com muito mais facilidade a posição das informações. Essa visualização, por si só, já esclarece muito. Pois, dá uma noção espacial ao dado, o traz para o mundo real. Mas, além de visualizar as informações, o mapa, aliado aos softwares e outros equipamentos, permite trabalhar com elas, definir os melhores caminhos para ir de uma a outra, monitorá-las, enfim, tirar das informações tudo o que elas podem dar com relação ao lugar a que se referem (INFOGEO, 2000).

Para tornar possível a confecção dos mapas, o georreferenciamento das informações, seu processamento, sua visualização e tudo o mais que for necessário, precisa-se de tecnologia. Mas, tecnologia específica para isso, isto é, Geotecnologia também conhecida como “Geoprocessamento” Entre o que se classifica como Geotecnologias estão: sensoriamento remoto, aerofotogrametria, os Sistemas de Posicionamento Global (Global Positioning Systems – GPS), geodésia, topografia clássica, cartografia digital, os SIG’s (Sistemas de Informações Geográficas), os softwares de processamento de imagens e os softwares de visualização (em 2D ou 3D).

Dominar a geoinformação significa garantir um diferencial econômico em diversos projetos, que vão desde um simples cadastro de consumidores até a logística de veículos, o controle do meio ambiente e o planejamento de cidades e de redes de infra-estrutura.

Com a evolução da geotecnologia vários termos surgiram na literatura internacional. O sistema de informação geográfica (SIG) é muito utilizado em vários campos de aplicações e é confundido com o geoprocessamento. O geoprocessamento é o conceito mais abrangente e que representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados.

4.4.1 Conceituação

Pode-se citar algumas definições mais encontradas na literatura sobre geoprocessamento:

“Conjunto de tecnologias voltada à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. As atividades envolvendo o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos mais comumente chamados de Sistemas de Informação Geográfica (**SIG**). O sistema de geoprocessamento é o destinado ao processamento de dados referenciados geograficamente (ou georreferenciados), desde a sua coleta até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, etc.; devendo prever recursos para sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise” (SPRING, 1996).

Para Barbosa (2006) geoprocessamento “são todas as tecnologias da geoinformação: GPS, SIG, Sensoriamento Remoto, Cartografia, etc. que permitem a aquisição, o processamento e a análise de informações georreferenciadas”;

Geoprocessamento é o conjunto de tecnologias voltada para coleta, armazenamento, processamento, tratamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica (FATOR GIS, 1995).

Para Rocha (2000), geoprocessamento pode ser definido:

“Como uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise, e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados”.

Segundo Moreira (2001) geoprocessamento:

“É um conjunto de técnicas matemáticas e computacionais relacionadas com a coleta, armazenamento e tratamento de informações espaciais ou georreferenciadas, para serem utilizadas em sistemas específicos a cada aplicação que, de alguma forma, se utilizam o espaço físico geográfico”.

Câmara & Medeiros (1998) dizem que: “geotecnologia pode ser entendido como a tecnologia que utiliza técnicas computacionais chamadas de sistemas para tratamento de informações geográficas”. Esta tecnologia utiliza ferramentas computacionais chamadas de SIG, as quais permitem realizar análises espaciais complexas ao interagir dado de diversas fontes e ou criar banco de dados georreferenciados.

O princípio do geoprocessamento consiste em estabelecer-se um modelo lógico que define as alternativas de conectividade entre os diferentes temas (camadas disponíveis de informação em uma base de dados) abordados sobre o mesmo espaço geográfico, e associados aos diversos sistemas de georreferência (sistemas de coordenadas geográficas). Em seguida, definem-se equações (e executam-se as respectivas operações) de relacionamento entre as informações “conectadas” para gerar outras informações (Barros, 1999).

4.5 Sistema de Informações Geográficas (SIG)

O SIG é a ferramenta que mudou a maneira de utilizar os mapas no final do nosso século. Hoje, gestão municipal, empresas fornecedoras de serviços públicos, cientistas ligados ao meio-ambiente, profissionais de marketing e agronegócios são apenas alguns dos usuários que se beneficiam deste poderoso instrumento de análise de informação geográfica.

O SIG surgiu na América do Norte na década de 70 e logo se espalhou pelo mundo. É difícil saber estatísticas precisas, mas alguns números dão noção do tamanho da indústria atualmente, existem aproximadamente cerca de 2 (dois) milhões de usuários do SIG.

No Brasil a introdução ao SIG teve início na década de 80 com a chegada do Dr. Roger Tomlinson responsável pela criação do primeiro SIG (Canadian Geographical Information System). O Dr. Roger incentivou o aparecimento de vários grupos de pesquisa, em várias instituições, a desenvolverem SIG's. Em 1984, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Brasileiro) formou um grupo de pesquisa para desenvolvimento de geotecnologia criando uma Divisão de Processamento de Imagens – DPI. De 1984 – 1990 esta divisão desenvolveu o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SIG, para

ambiente PC/DOS, e, a partir de 1991, o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) para ambiente UNIX e MS/Windows. (Moreira, 2001).

O SPRING unifica o tratamento de imagens de sensoriamento remoto (ópticas e microondas), mapas temáticos, mapas cadastrais, redes e modelos numéricos de terrenos. (Moreira op. cit.).

A princípio, os softwares de SIG eram muito pesados e exigiam máquinas de grande porte para poderem funcionar. Hoje, os mainframes foram substituídos na maior parte dos casos pelos PC's, o que ajudou bastante na divulgação da tecnologia. Alguns softwares hoje já são até mesmo distribuídos via internet, como é o caso do SPRING, que pode ser usado gratuitamente por quem estiver interessado.

A principal utilidade do SIG é possibilitar análises de informação geográfica com muito mais precisão e facilidade do que seria imaginável antes dos computadores. Antes do SIG, para poder unir vários mapas de uma mesma região (informações sobre relevo sobrepostas a informações sobre o uso do solo, pedologia e precipitação de chuvas, por exemplo) era preciso sobrepor dois papéis vegetais e realizar a operação necessária manualmente.

Os SIG's realizam todos os cálculos necessários, relaciona todas as partes de um mapa através de topologia, trabalha com várias camadas de informação simultaneamente e permite simulações que seriam imagináveis se não existisse esta tecnologia.

Entre as principais aplicações do sistema, podem ser mencionados os estudos de meio ambiente, mapeamentos de cidades (entre outras coisas para aumentar a arrecadação do município), logística, segurança, marketing geográfico e agricultura de precisão.

4.5.1 Conceituação

Algumas definições conceituais encontradas na literatura sobre SIG são destacadas a seguir:

“É um sistema computacional composto de softwares e hardwares, que permite a integração entre bancos de dados alfanuméricos (tabelas) e gráficos (mapas), para o processamento, análise e saída de dados georreferenciados. Os produtos criados são arquivos digitais contendo Mapas, Gráficos, Tabelas e Relatórios convencionais (FATOR GIS, 2006)”.

“SPRING é um SIG no estado-da-arte com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais” (SPRING, 1996).

Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING é um banco de dados geográfico de 2º geração, para ambientes UNIX e Windows com as seguintes características:

- Opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (“raster”), e realiza a integração de dados de Sensoriamento Remoto num SIG;
- Prove um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário (LEGAL – Linguagem Espaço-Geográfico baseada em Álgebra);
- Consegue escalonabilidade completa, isto é, é capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde microcomputadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho;
- Adaptado a complexidade dos problemas ambientais, que requerem uma forte capacidade de integração de dados entre imagens de satélite, mapas temáticos e cadastrais e modelos numéricos de terreno. (SPRING, 1996).

Os SIG’s necessitam usar o meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível; deve existir uma base de dados integrados, estes dados precisam estar georreferenciados e com controle de erro; devem conter funções de análises destes dados que variam de álgebra cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão etc.) até álgebra não cumulativa (operações lógicas), (Silva, 2003).

Segundo Câmara & Medeiros, (1998) a estrutura de um SIG tem os seguintes componentes: Interface com usuário; Entrada e integração de dados; Funções de processamento gráfico e de imagens; Visualização e plotagem; Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos). A interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e

saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

Os dados são tratados de diversas fontes geradoras e de formatos apresentados, com relações espaciais entre si (topologia – estrutura de relacionamentos espaciais que se pode estabelecer entre objetos geográficos). Podem ser genericamente separados em mapas temáticos, mapas cadastrais (mapas de objetos), redes, imagens e modelos numéricos de terreno.

A figura 4.2 indica o relacionamento dos principais componentes. Cada sistema, em função de seus objetos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas citados estão presentes num SIG.

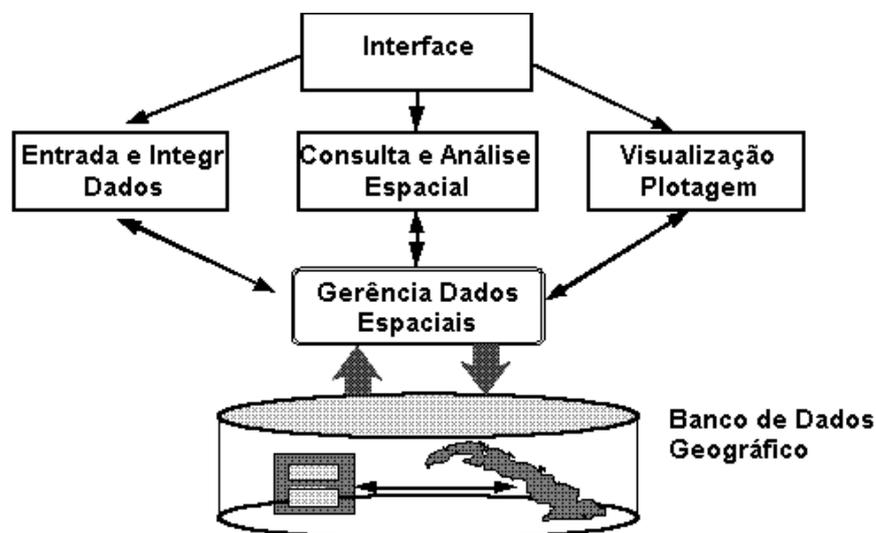


Figura 4.2 – Arquitetura geral de Sistemas de Informação Geográfica
Fonte: (Câmara & Medeiros, 1998).

4.6 Sensoriamento Remoto

A origem de sensoriamento remoto está ligada às experiências de Newton em 1822, o qual constatou que um raio luminoso (luz branca), ao atravessar um prisma, o mesmo desdobrava-se num feixe colorido – um espectro de cores (SPRING, 1996)

O sensoriamento remoto (Remote Sensing) é antes de tudo a possibilidade de ver o terreno de cima. É poder estar sobrevoando de alguma maneira a Terra e saber quais os formatos e dimensões de uma área. Esta possibilidade é bastante recente, na verdade. As

primeiras vezes que um ser humano pôde vislumbrar o nosso planeta deste ponto de vista datam do surgimento de balões.

Já em meados do século passado os aerolevantamentos fotográficos promoveram importante salto na evolução do conhecimento geológico, ampliando as possibilidades da observação das formas de relevo e sua correlação com o substrato, tanto na discriminação litológica como na análise estratigráfica e estrutural. Forneceram também uma base visual, sobre as quais muitos mapas geológicos foram gerados.

Mas, hoje, estar acima do solo é uma atividade normal para o ser humano, principalmente graças ao desenvolvimento dos aviões no século XX. E a instalação de sensores nestes aviões trouxe à cartografia uma nova ferramenta bastante poderosa. As câmeras de fotogrametria aéreas são hoje indispensáveis para a construção de certos tipos de cartografia.

O sensoriamento remoto constitui um recurso excelente para atualização de bases cartográficas. É bastante comum a extração de feições cartográficas por sensoriamento remoto a partir de imagens de satélites, para atualização ou complementação de cartas topográficas (escalas médias). Normalmente, utilizam-se métodos de classificação de imagem, complementada com amostragens de campo referentes aos temas em identificação. Além da atualização da base cartográfica para o SIG, as imagens orbitais, pelo caráter de repetitividade com que são geradas, permitem a realização de medições multi-temporais, utilizadas para a detecção de mudanças relativamente a determinadas feições imageadas, ou o monitoramento de determinados processos ocorridos na superfície terrestre, que poderão ir sendo “informados” ao SIG (Figueira, 1999).

Com o advento do imageamento da Terra por sensores transportados por satélites abriu-se a possibilidade da análise de grandes áreas em escalas regionais, além de, mais recentemente, a alta resolução espacial de alguns deles permitir também estudos de detalhe, com a vantagem de uma grande precisão cartográfica.

Os sensores ópticos multiespectrais, com bandas distribuídas nas regiões do visível e infravermelho do espectro eletromagnético, permitem ainda a caracterização do comportamento espectral de materiais terrestres de forma que significam um importante avanço na discriminação de rochas, minerais, solos, vegetação e água. Os dados quantitativos produzidos por estes sensores, na forma de números digitais proporcionais à refletância dos materiais medidos em cada banda, podem ser processados através de rotinas computacionais

específicas em que a aplicação de técnicas de realce e classificação permite a distinção entre alvos (Perrota, 2006).

As câmeras colocadas a bordo de aviões fazem fotos em formatos muito maiores do que aquela a que estamos acostumados e a uma velocidade grande. Estas fotos são escaneadas e, depois de estarem em formato digital, vão para estações de restituição fotogramétrica, onde são transformadas em mapas (INFOGEO, 2000).

A grande vantagem do processo talvez seja a possibilidade de se conseguir informação bastante detalhada da região de uma só vez. Muitas vezes é necessário refazer uma parte do voo ou então recorrer à complementação de campo (feito com estações totais ou GPS). Mas mesmo assim a aquisição da informação é muito mais rápida do que se fosse feita a partir da terra.

O avanço da tecnologia trouxe ainda uma segunda possibilidade de obtenção de imagens de sensoriamento remoto; as imagens feitas por satélites. Hoje existe no espaço um grande número de sensores colocados em diferentes alturas e órbitas e que têm por principal finalidade fazer imagens de nosso planeta.

A resolução das imagens de satélite sempre foi um problema para cartógrafos, no entanto. Até há pouco tempo, não era possível enxergar do espaço objetos menores do que dez metros, o que impossibilitava que se usasse este material para trabalhos de maior precisão. Contudo, desde 1999, com o lançamento do Ikonos, já é possível ver trechos de um metro de terreno. E oferta deste tipo de imagem deve aumentar bastante em breve, com o lançamento de outros sensores que têm a mesma resolução (INFOGEO, 2000).

4.6.1 Conceituação

As definições de sensoriamento remoto encontradas na literatura variam pouco, entre as quais destacam-se:

Para Rocha (2000), é “a aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites, nos permite obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da Terra, sem contato físico com eles”.

Barrett & Curtis (1976) refere-se “a qualquer objeto técnico de imageamento, sem que o sensor esteja em contato direto com o próprio objeto ou cena”.

Segundo Barrett e Curtis (1992) é “a ciência de observação à distância”, para Novo (1989) “é a utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles”.

Para Richardson & Benjamin (1983) é “a observação de um objeto por um aparelho separado dele por alguma distância”, e segundo Lintz Jr. & Siminett (1976) é “a aquisição de dados físicos de um objeto sem tocá-lo”.

Para Holz (1985) é “um ganho de informação sobre um objeto ou fenômeno, enquanto guarda alguma distância dele e sem contatos físicos diretos com ele”,

Para Lillesand & Keifir (1995) é “a ciência e a arte de obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados obtidos por um aparelho que não esteja em contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação”.

Para (SPRING,1996) "utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles".

Sensores “são equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações” Conceito mais específico: “Conjunto das atividades relacionadas à aquisição e a análise de dados de sensores remotos”.

Sensores remotos são “sistemas fotográficos ou óptico-eletrônicos capazes de detectar e registrar, sob a forma de imagens ou não, o fluxo de energia radiante refletido ou emitido por objetos distantes” (SPRING/INPE).

Os sensores que medem a radiação refletida e/ou emitidas pelos alvos, que provém de uma fonte externa (e.x. do sol), são denominados de sensores **passivos**, porque eles não possuem radiação própria, isto é, dependem de uma fonte de iluminação externa. Por outro lado, se o sistema sensor possui uma fonte de radiação, isto é, não depende de uma fonte externa para irradiar o alvo, ele é dito **ativo**. Neste caso, o sensor emite um fluxo de radiação em determinada faixa espectral que interage com os alvos na superfície da Terra e a parte que é refletida é, então, captada pelo sensor. Como exemplo de sistema ativo tem-se os radares, o laser, radiômetros de microondas e câmaras fotográficas quando utilizam como fonte de radiação o “flash” (Moreira, 2001).

Tudo na natureza está em constante vibração, emitindo ou modificando ondas eletromagnéticas (energia) e apresentando “perturbações” dos campos magnéticos e gravimétricos da Terra. Todos os instrumentos que captam e transformam essa energia poderiam ser classificados como sensores: rádio, televisão, máquina fotográfica, etc.

Uma câmara fotográfica com flash poderia ser tomada como exemplo de um sistema sensor:

“Quando o sistema da câmara é ativado, o flash é acionado e emite radiação. A radiação flui para o alvo e é refletida deste para o sistema óptico da câmara. Então, a radiação refletida é focalizada sobre o plano do filme, que constitui um detector fotoquímico de radiação. Uma imagem latente do padrão de radiação é formada no filme e depois desenvolvida quimicamente” (Moreira, 2001).

Sempre que se realiza um trabalho, algum tipo de energia deve ser transferido de um corpo a outro, ou de um local para outro no espaço. De todas as possíveis formas de energia, uma de especial importância ao sensoriamento remoto, e a única que não necessita de um meio material para se propagar que é a energia radiante ou energia eletromagnética.

4.6.2 Radiação eletromagnética (REM)

Toda matéria a uma temperatura superior a zero absoluto (0° K ou -273° C) emite radiação eletromagnética, como resultado de suas oscilações atômicas e moleculares (SPRING, 1996).

A forma mais conhecida de energia radiante é a luz visível, embora outras formas como raios X; raios ultravioletas; ondas de rádio e o calor, também nos sejam familiares, são basicamente da mesma natureza e sua forma de propagação é explicada pela teoria ondulatória da luz.

A Radiação eletromagnética pode ser considerada como energia pura, na forma de campo magnético perpendicular a um campo elétrico, que oscilam perpendicularmente à direção de propagação da onda, de modo que o campo magnético gera um campo elétrico (Figura 4.3).

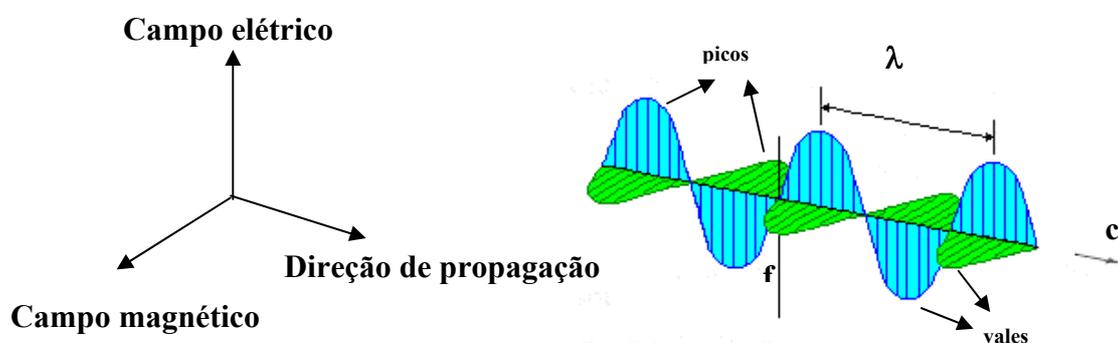


Figura 4.3 – Onda Eletromagnética
Fonte: (Lillesand & Keifer, 1995, apud Barbosa, 2000).

Onde, ($c = \lambda \cdot f$); c = (velocidade da luz); (λ = comprimento de onda – distância entre dois picos ou dois vales consecutivos); f = frequência – número de ciclos por segundo a partir de um ponto fixo.

A velocidade de propagação da onda eletromagnética no vácuo é a velocidade da luz (3×10^8 m/s). O número de ondas que passa por um ponto do espaço num determinado tempo define a frequência (f) da radiação.

A faixa de comprimentos de onda ou frequências em que se pode encontrar a radiação eletromagnética é ilimitada.

O parâmetro mais importante para identificação e medição das características físicas e ambientais no sensoriamento remoto é a variação da distribuição da energia eletromagnética. O principal modo de transferência é a radiação que é o processo de emissão da energia radiante, sendo efetuada através de ondas eletromagnéticas. O exemplo de energia radiante mais familiar e de maior importância é a energia solar, que se propaga pelo espaço vazio desde o Sol até a Terra.

A principal fonte de energia eletromagnética pode ser dividida em naturais (Sol, Terra, radioatividade) e artificial (radar, laser, etc.). O sol é o mais importante fonte natural, pois sua energia ao interagir com as substâncias da superfície da Terra, origina uma série de fenômenos (reflexão, absorção, transmissão, luminescência, aquecimento, etc.) investigados pelo sensoriamento remoto. Durante a fase de aquisição de dados pelos sensores, podemos distinguir os seguintes elementos básicos: energia radiante, fonte de radiação, objeto (alvo), trajetória e sensor (sistema de imageamento óptico e detector). A figura 4.4 a seguir apresenta estes elementos e exemplifica os vários caminhos que a radiação eletromagnética pode tomar antes de atingir o sistema sensor.

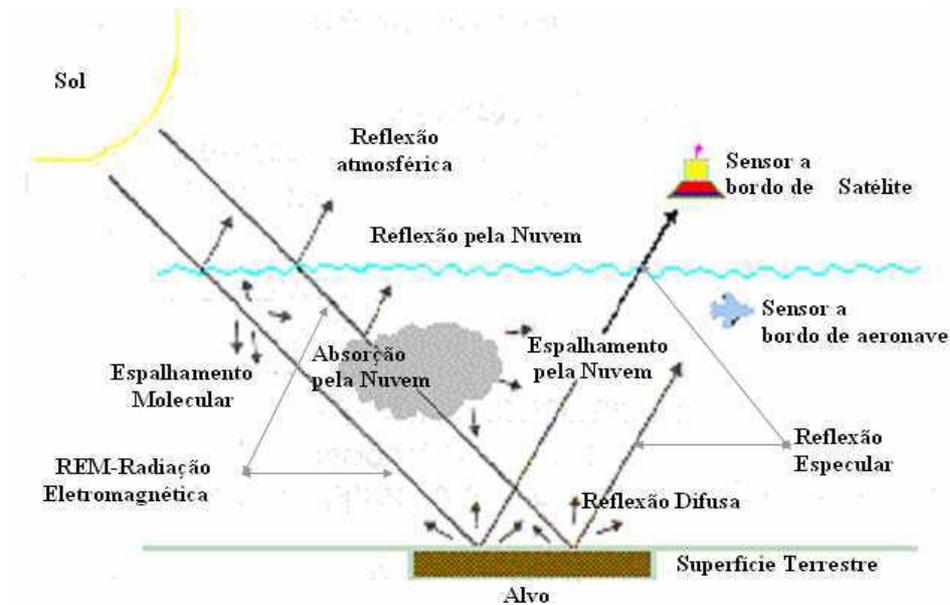


Figura 4.4 – Interações da Radiação Eletromagnética
 Fonte: (Lillesand & Keifer, 1995, apud Barbosa, 2000).

A atmosfera é um meio extremamente complexo através do qual a energia eletromagnética proveniente do sol, percorre até atingir a superfície da Terra.

Quando um fluxo de radiação eletromagnética emitido ao incidir sobre a superfície ou de um objeto pode ser refletido, absorvido ou transmitido. Quando absorvido, a energia é geralmente re-emitida, em diferentes comprimentos de onda (λ).

Os processos de emissão, absorção, reflexão e transmissão ocorrem simultaneamente e suas intensidades relativas caracterizam a matéria em investigação. Dependendo das características físicas e químicas da mesma, os processos ocorrem com intensidades diferentes em diferentes regiões do espectro.

Esse comportamento espectral das diversas substâncias é denominado assinatura espectral e é utilizado em sensoriamento remoto para distinguir diversos materiais entre si. Qualquer fonte de energia eletromagnética é caracterizada pelo seu espectro de emissão, o qual pode ser contínuo ou distribuído em faixas discretas.

As interações produzem modificações na energia incidente, essas modificações são importantes em sensoriamento remoto. As interações básicas mais importantes são energias incidente, transmitida, absorvida, emitida e a refletida como pode ser observada na Figura 4.5.

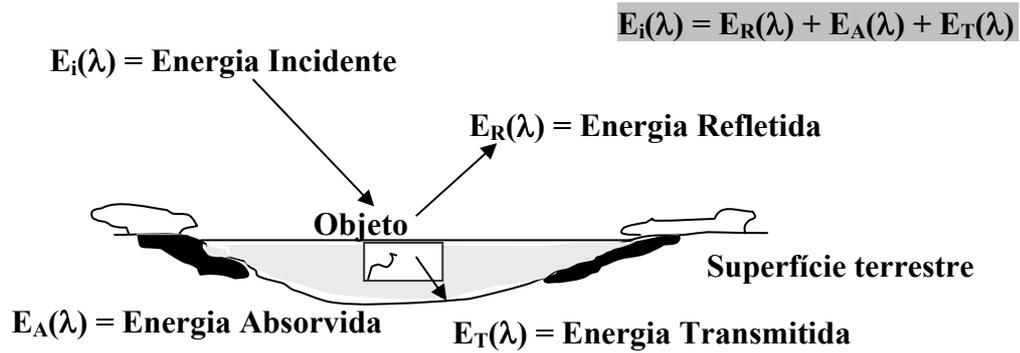


Figura 4.5 – Interação básica da energia eletromagnética com uma feição da superfície terrestre

Fonte: (Barbosa, 2000).

4.6.3 Espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético é subdividido em faixas, representando regiões que possuem características peculiares em termos dos processos físicos geradores de energia ou dos mecanismos físicos de detecção desta energia (Fig. 4.6)

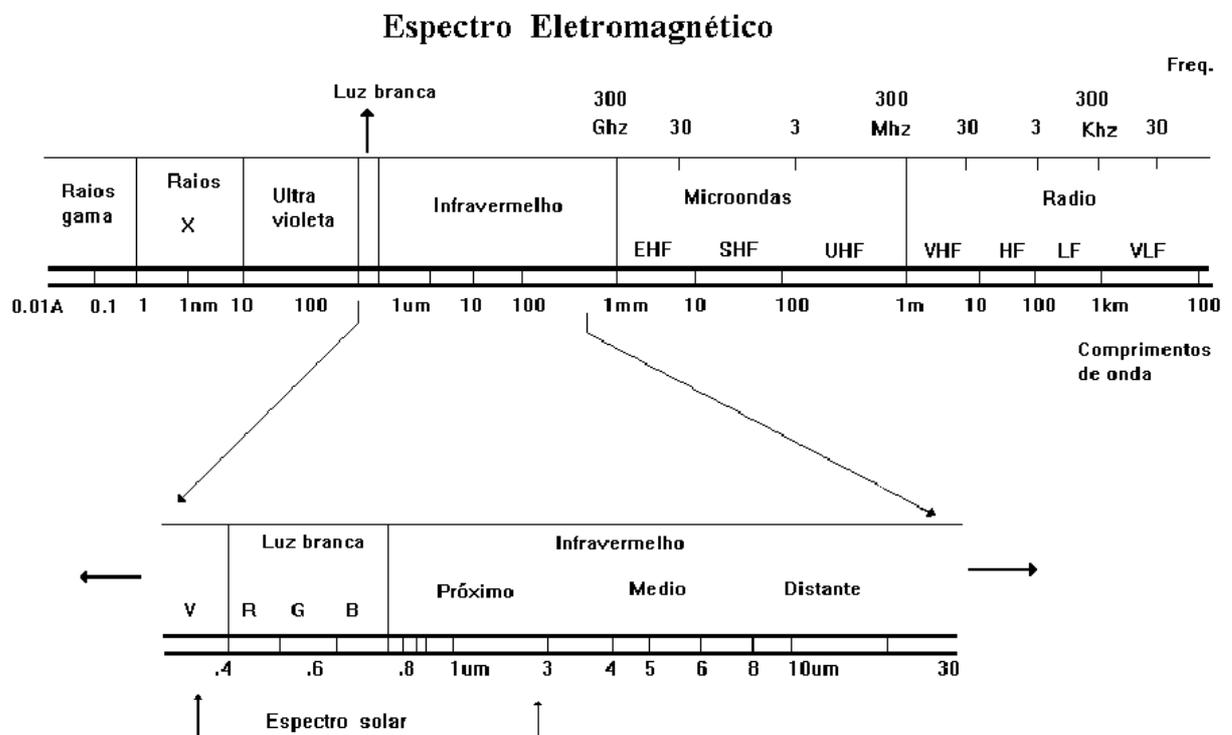


Figura 4.6 – Espectro Eletromagnético

Fonte: (SPRING, 1996)

As principais faixas do espectro eletromagnético estão representadas e descritas na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Sumário das principais aplicações de algumas regiões do espectro eletromagnético

Comprimento de Onda	Aplicação	Comprimento de Onda	Aplicação
Raios γ	Pesquisa Mineral	1.55-1.75 μm	Umidade na vegetação
Raios X	Medicina	2.04-2.34 μm	Tipos de rochas, Pesquisa mineral
Ultravioleta (UV)	Detecção de derrame óleo	10.5-12.5 μm	Temperatura de superfície
0.4-0.45 μm	Turbidez da água	3 cm – 15 cm	Relevo e umidade do solo
0.7-1.1 μm	vigor da vegetação	20 cm – 1 m	Penetração no dossel e biomassa arbórea

Fonte: (Barbosa, 2003).

A radiação refletida pelas feições da superfície terrestre é muito importante no sensoriamento remoto (SR), pois contém informação espectral na forma da cor da superfície que refletiu. Para o SR é muito importante medir as propriedades de refletância dos alvos naturais. Essas propriedades podem ser quantificadas de refletância dos alvos naturais, comparando-se a quantidade de energia que é refletida, com a quantidade total de energia incidente. Esta relação é chamada “Refletância Espectral”.

Um gráfico que representa a refletância espectral de um objeto, em função do comprimento de onda, é chamado Curva de Refletância Espectral. Esta curva é muito importante na escolha da região do espectro para que possamos adquirir dados para uma determinada aplicação.

A Figura 4.7 mostra as três principais feições terrestres: Água, Solo e Vegetação e suas curvas de refletância espectral, que permitem algumas considerações.

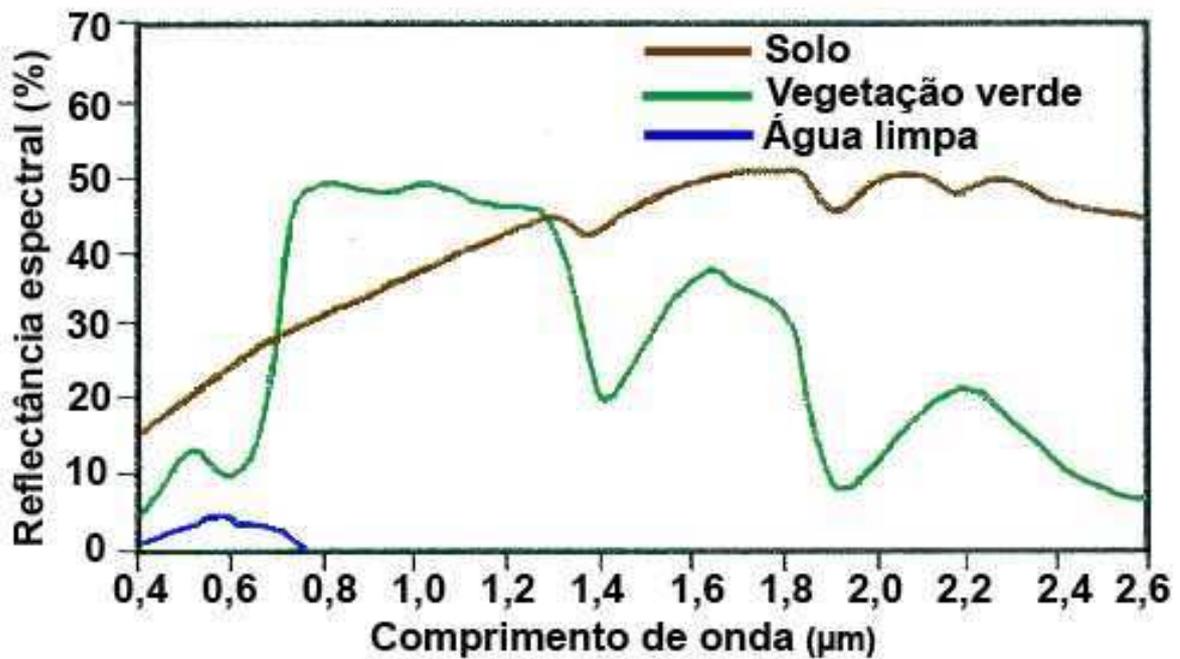


Figura 4.7 – Curvas características da reflectância espectral para os principais alvos da Superfície terrestre: água, vegetação e solo
 Fonte: Lillesand e Kiefer (1995).

A curva de reflectância da água é bastante simples (Figura 3.7). A água absorve toda radiação eletromagnética abaixo de $0,38\mu\text{m}$ e acima de $0,7\mu\text{m}$, isto é a reflectância é zero de absorção total. A água reflete energia apenas no comprimento de onda próximo a $0,6\mu\text{m}$, fora dessa região praticamente transmite toda a radiação incidente, porém essa transmitância depende de vários fatores, como a presença de material em suspensão, matéria orgânica como algas e outros microorganismos. A presença de sedimentos em suspensão aumenta consideravelmente a reflectância da água na região do visível (Barbosa, 1997a).

A radiação infravermelha (IV) tem grande importância para o sensoriamento remoto. A água tem alta absorção da energia do infravermelho próximo e médio. Por isso é mais fácil localizar e delinear os corpos d'água nas imagens infravermelhas do que nas imagens do visível. Já na radiação com comprimento de onda de $0,75\mu\text{m}$ a $1,0\text{mm}$. É um campo de luz branca sensível aos órgãos de sentido em forma de calor.

A curva que representa a reflectância espectral do solo (Figura 3.7), apresenta poucas variações tipos “picos” e “Vales”, que depende de vários fatores: umidade, composição granulométrica, rugosidade da superfície, presença de ferro, matéria orgânica, que são fatores complexos, variáveis e intercalados. A umidade do solo diminui a sua reflectância, e por isso nas bandas de absorção da água a $1,4\mu\text{m}$, $1,9\mu\text{m}$, e $2,7\mu\text{m}$, o solo apresenta vales na sua reflectância espectral. Quando os solos são bem drenados (grosseiros e areníticos), resultante

de baixa umidade e a refletância alta, enquanto solos mal drenados (granulação fina, como argilitos) mais úmidos, apresentam menor refletância. (Barbosa, 1997a).

A curva de refletância espectral da vegetação na região do visível (Figura 3.7), os “vales” estão relacionados ao pigmento que dá cor verde nas folhas das plantas. A clorofila absorve a energia incidente sobre ela, em comprimentos de onda em $0,4\ \mu\text{m}$ a $0,6\ \mu\text{m}$, corresponde às cores azuis e vermelhas. Da mesma forma o “pico” na região de $0,5\ \mu\text{m}$, corresponde à cor verde, causada pela forte refletância. Quando a produção da clorofila diminui ou cessa, a refletância do vermelho aumenta e a vegetação algumas vezes alcança o “amarelamento” das folhas (verde + vermelho) perceptível aos nossos olhos. Muitas vezes esta diferença de refletância é usada para detecta doenças, ataques de pragas, o estresse hídrico, e muitas vezes permitindo a separação entre plantas saudas e doentes.

Ultravioleta (UV) – é uma faixa de luz branca não perceptível pelos órgãos do sentido do ser humano.

Visível – é um campo da luz branca sensível ao olho humano. Os comprimentos de onda de aproximadamente $0,45$ a $0,50\ \mu\text{m}$ apresentam-se azuis, enquanto aqueles situados entre $0,5$ e $0,57\ \mu\text{m}$ apresentam-se verdes e entre $0,61$ e $0,78\ \mu\text{m}$, vermelhos.

Quando passa da região do visível para infravermelho refletido, nos comprimentos de onda de $0,7\ \mu\text{m}$, a $1,3\ \mu\text{m}$, a refletância aumenta mais de 50%, e está relacionada à estrutura interna das folhas, que variam de espécie para espécie vegetal.

Nos comprimentos de onda acima de $1,3\ \mu\text{m}$, a energia incidente é absorvida nos “vales” de $1,4\ \mu\text{m}$, $1,9\ \mu\text{m}$ e $2,7\ \mu\text{m}$. Isto se deve pela presença de água nas folhas das plantas. Devido a isto, essas regiões são chamadas “bandas de absorção da água”.

A faixa mais usada em sensoriamento remoto está entre $0,3\ \mu\text{m}$ a $15,0\ \mu\text{m}$ (conhecido como espectro óptico), pois nesta faixa os componentes ópticos de reflexão e refração tais como: lentes, espelhos, prismas, etc., são utilizados para coletar e reorientar a radiação.

Existem regiões do espectro eletromagnético para as quais a atmosfera é opaca, ou seja, não permite a passagem da radiação eletromagnética. Essas regiões definem bandas de absorção da atmosfera. Nas regiões do espectro em que a atmosfera é transparente, a radiação proveniente do sol são conhecidas como “janelas atmosféricas”.

4.6.4 Processamento Digital de Imagem (PDI)

A análise digital de dados, mais especificamente, imagens digitais de sensoriamento remoto, possibilitou, nos últimos trinta anos, um grande desenvolvimento das técnicas voltadas para análise de dados multidimensionais, adquiridos por diversos tipos de sensores. Estas técnicas têm recebido o nome de processamento digital de imagens.

O termo processamento digital de imagens refere-se à manipulação de imagens digitais, com vista à obtenção de uma imagem final, em que se pode, com maior precisão, discernir sobre temas constantes na imagem inicial. Assim, quando se processa uma imagem digital, objetiva-se à inferência do conhecimento sobre aspectos temáticos qualitativos e quantitativos existentes no alvo imageado, em uma imagem de saída.

Em meio à evolução das ferramentas de informática (hardware e software) e ao refinamento tecnológico na obtenção de imagens por parte de vários tipos de sensores, o PDI tem hoje importância considerável em vários campos de aplicações que vão desde a biomedicina, passando pelo estudo de recursos naturais e aspectos relativos à dinâmica do planeta e, ainda, setores de indústria, comunicação, etc.

O objetivo de se usar PDI é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano, isto por que o olho humano não tem capacidade de discernir os valores das tonalidades de cinza em uma imagem o que dificulta ao foto-intérprete realizar simultaneamente análise numérica de uma imagem espectral, e fornecer outros subsídios para sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos.

O uso de imagens multiespectrais registradas por satélites tais como: LANDSAT, SPOT, IKONOS, CBERS, ERSI, NOAA ou similares, tem mostrado como uma valiosa técnica para extração dos dados destinados as várias aplicações de pesquisa de recursos naturais.

As técnicas de processamento digital de imagens, além de permitirem analisar uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético, também possibilitaram a integração de vários tipos de dados, devidamente registrados, geralmente são agrupadas em três etapas distintas conforme a figura 4.8.

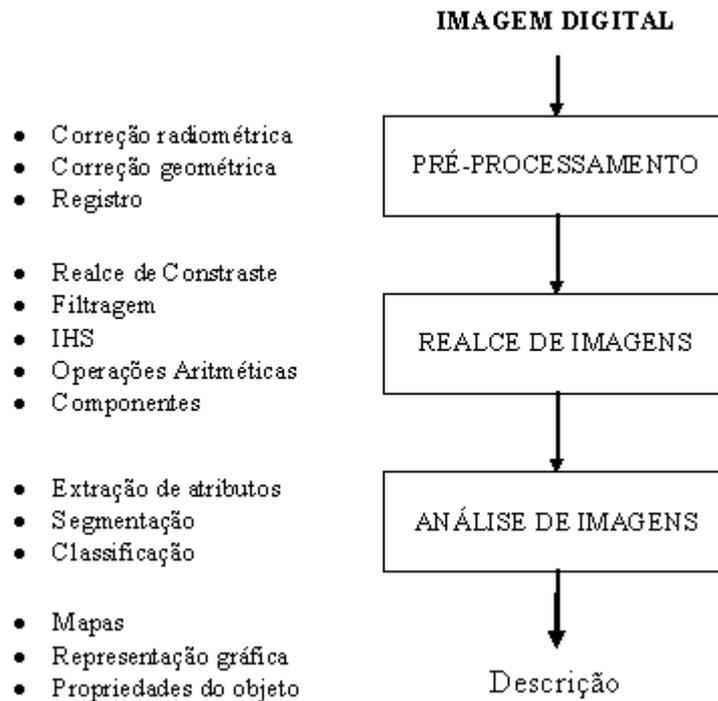


Figura 4.8 – Etapas do processamento digital de imagens
 Fonte: (Fonseca, 2000).

O pré-processamento refere-se ao processamento inicial de dados, pois permite a visualização das imagens multiespectrais em composição, de forma aditiva a três cores primárias: o vermelho, o verde e o azul (RGB). As composições coloridas são formadas a partir da atribuição de cores a cada banda espectral. A imagem resultante é colorida, porém com cores que não correspondem às cores verdadeiras que se percebem em fotografias. Na obtenção de composições coloridas podem-se combinar três bandas quaisquer, no entanto, essas devem ser escolhidas em função do objetivo de trabalho.

O realce de contraste tem por fim possibilitar a melhor visualização da imagem sob critérios subjetivos do olho humano. A necessidade de se realizar técnicas de realce em imagens é oriunda da constatação de que processos de geração e visualização de imagens promovem, muitas vezes, degradação do objeto a ser analisado. Neste caso, os valores de níveis de cinza da imagem não estão espalhados por toda a extensão do histograma. A operação de realce pontual de contraste promove o espalhamento dos valores do histograma variando no intervalo máximo de obtenção da imagem pelos sensores, ou seja, de 0 a 255 níveis de cinza.

A operação de contraste resulta em um histograma de saída, de acordo com a função de mapeamento utilizada, que, no SPRING, pode ser linear, quadrada, logaritmo ou, ainda, negativo.

As operações de filtragem, diferentemente das operações de realce, promovem alterações de níveis de cinza em pixels, considerando o valor do nível de cinza não só do pixel em questão, como também de sua vizinhança. Nesses processos de matrizes, que se constituem em máscaras, são aplicadas à imagem original, obtendo-se, como produto, uma nova imagem, em que se eliminam as linhas e colunas iniciais e finais da imagem original.

Geralmente, utilizam-se em PDI espaciais filtros lineares e não-lineares. Os mais utilizados são os filtros lineares passa - baixa e passa - alta. Esses filtros servem para suavizar ou realçar detalhes da imagem, ou ainda, minimizar efeitos de ruído.

As propriedades de cores são distinguidas pelo olho humano a partir de três fatores: (IHS) a intensidade, o matiz e a saturação.

A intensidade ($I \rightarrow$ Intensity) corresponde à medida total da energia envolvida em todos os comprimentos de onda, responsável pela sensação de brilho advindo do objeto mirado sobre o olho humano.

Por sua vez, o matiz ou cor ($H \rightarrow$ Hue) de um objeto corresponde ao comprimento de onda média da luz refletida ou emitida e que define a cor do objeto.

A energia é transmitida ou emitida em um intervalo de comprimento, em torno do comprimento médio. A esse intervalo de comprimento de emissão ou reflexão de energia corresponde à saturação ou pureza ($S \rightarrow$ saturation).

Cada uma das componentes acima, que constituem o espaço de atributos de cores IHS, podem ser individualmente manipuladas ou analisadas. A representação do espaço IHS pode ser representada por um cone com duas pontas, como na Figura 4.9. Na figura 3.9, o cone é construído atribuindo-se ao maior eixo a componente brilho (I), e, perpendicular a esse eixo, define-se o plano em círculo, que contém os matizes (H) possíveis. Quanto mais próximo ao eixo de brilho, menor a saturação (S); mais afastado, maior a saturação.

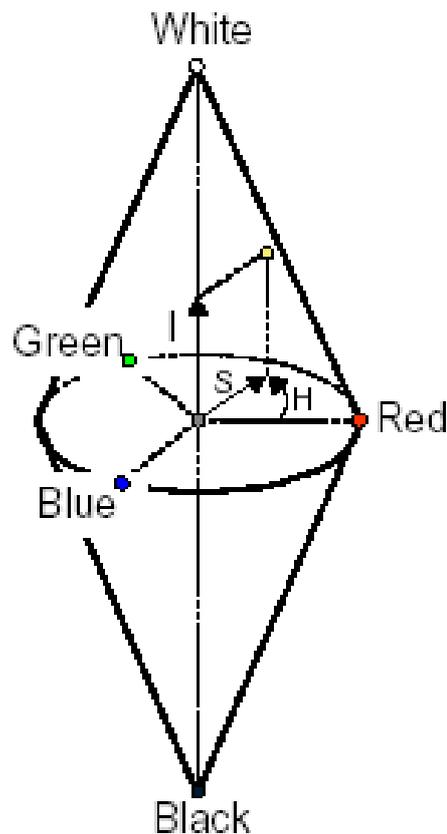


Figura 4.9 – Representação gráfica do espaço de atributos de cores IHS
 Fonte: (Scuri, 1999)

A importância das transformações dos espaços de atributos de cores $RGB \leftrightarrow IHS$ em PDI é a obtenção de imagens, composições coloridas, apresentando reduzida correlação inter-banda e com melhor utilização do espaço de cores. Através das transformações torna-se ainda possível a combinação de tipos distintos de imagens e imagens de sensores diferentes. As transformações são realizadas com uso de algoritmos que relacionam os dois espaços de cores.

As componentes principais constituem técnica de realce, que a partir dos canais originais obtém novos canais com o mínimo de informações redundantes em cada um. Tem como objetivo aumentar a capacidade de discriminação dos elementos de uma imagem, reduzir a dimensão, e melhorar o aspecto visual da imagem.

A similaridade visual e numérica entre bandas individuais de uma imagem, provocada pelo efeito de sombras, pela sobreposição de janelas espectrais entre bandas adjacentes e pelo comportamento espectral dos alvos provoca a obtenção de informação redundante na análise de imagens. Para redução e mesmo remoção desse aspecto indesejável pode-se recorrer à geração de componentes principais.

A geração de componentes principais produz um novo conjunto de imagens em que cada banda individual e possui informações exclusivas. Os valores dos pixels das novas imagens são resultantes de combinação linear dos valores originais, a partir de matriz de covariância entre as bandas espectrais de entrada. Os componentes principais obtidos são em mesmo número que o de bandas utilizadas e apresenta-se a partir do componente de maior contraste até o de menor contraste.

A contribuição de cada banda de entrada, na obtenção dos componentes principais é estabelecida por fatores de ponderação, os autovetores, que são vetores de módulo unitário correspondentes ao comprimento dos eixos das componentes principais (autovalores). Os autovalores correspondem a um conjunto de quantidades determinadas pelo coeficiente de correlação. Os autovalores correspondem, em última instância, a parâmetros estatísticos para análise, na forma percentual.

Segmentação de imagens é definida como o processo de separação de regiões homogêneas de uma imagem, considerando parâmetros tais como o nível de cinza dos pixels, a textura e o contraste. Entende-se como região, em uma imagem, um conjunto de pixels contíguos, espalhados bidirecionalmente e apresentando uniformidade.

No processo de segmentação de imagens podem-se observar as etapas seguintes (Figura 4.10):

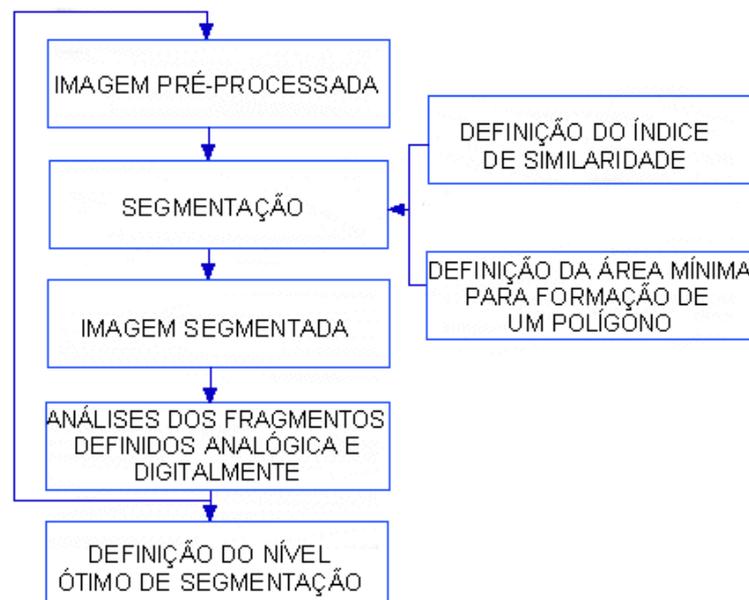


Figura 4.10 – Etapas do processo de segmentação de imagens
Fonte: (Coutinho, 1997).

A classificação consiste em estabelecer correspondência entre as regiões ou pixels existentes na imagem e os temas ou classes da área em estudo. Durante a classificação, padrões são reconhecidos e associados aos diversos temas. Os classificadores utilizados no processo podem ser pontuais (pixel a pixel) ou classificadores por regiões.

No primeiro caso, apenas a informação espectral isolada de cada pixel é utilizada para achar regiões homogêneas. No segundo, a informação espectral da vizinhança de cada pixel, além da informação individualizada também é considerada. Em ambos os casos, as coordenadas dos pixels na imagem e a coordenada espectral do pixel (valor da radiância) apresentada nas bandas em estudo, são considerados.

A classificação de padrões de imagem digital pode ser supervisionada ou não-supervisionada. Na classificação supervisionada, o usuário detém informações que identificam cada classe de interesse no processo. Na não-supervisionada, um algoritmo é utilizado no reconhecimento das classes presentes na imagem.

4.7 Sistema de Posicionamento Global – GPS

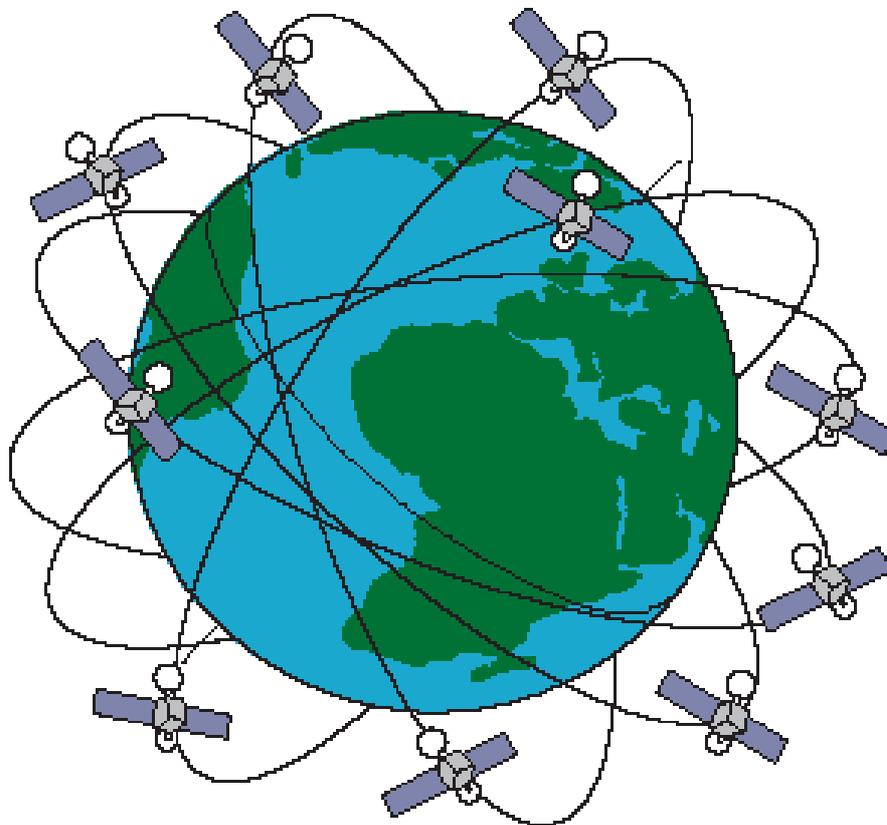
O Sistema de Posicionamento Global – GPS, parecer natural para nós que um aparelho simples, portátil, possa informar com precisão a posição geográfica em que nós estamos a cada momento. Mas há menos de trinta anos, saber a localização exata de um ponto era uma tarefa bem mais complicada. As viagens por mar, por exemplo, foi feita durante vários séculos simplesmente com base na posição das estrelas. Apesar de ser uma maneira bastante confiável para trabalhar, a orientação pelos astros traz inúmeros problemas; não é sempre que se pode ver o céu com clareza, por exemplo. E, além disso, a precisão sempre deixava a desejar.

A tecnologia atual permite que qualquer pessoa possa se localizar no planeta com uma precisão nunca imaginada por navegantes e aventureiros há até bem pouco tempo. O sofisticado sistema que tornou realidade esse sonho é chamado “GPS” – (Sistema de Posicionamento Global) – e foi concebido pelo Departamento de Defesa dos EUA no início da década de 1960, sob o nome de 'projeto NAVSTAR'. O sistema foi declarado totalmente operacional apenas em 1995 (Gorgulho, 2006).

As intenções iniciais eram utilizá-la principalmente, para a navegação com propósitos militares. Somente com a descoberta da grande precisão do sistema e com o

aumento da eficiência dos receptores é que ele passou a ser também utilizado pela comunidade civil (Rocha, 2000).

A primeira fase de implantação do GPS foi a colocação de 24 satélites em órbita, os quais estão distribuídos em 6 órbitas planas. (Figura 4.11). Cada plano possui uma inclinação de 55° em relação ao plano do Equador. Todos os satélites estão de 20.000km acima da Terra e completam uma volta inteira em torno da Terra, há aproximadamente cada 12 horas e que enviam continuamente sinais de rádio. Em cada ponto da Terra estão sempre visíveis quatro satélites e com os diferentes sinais desses quatro satélites o receptor GPS calcula a latitude, longitude e altitude do lugar onde o operador se encontra. (Rocha, op cit).



Constelação de satélites GPS na sua órbita em torno da Terra.

Figura 4.11 – Constelação de satélites GPS
Fonte: (Dilão, 2006)

A rota e a disposição dos equipamentos foram planejadas de maneira que em qualquer ponto do planeta, a qualquer momento, seja possível fazer contato com pelo menos três satélites ao mesmo tempo. Depois dos satélites em órbita, foi preciso melhorar a

capacidade de recepção dos sinais em terra. Os primeiros receptores desenvolvidos eram muito grandes e pouco eficientes. Com o tempo, foi possível torná-los menores e melhorar a precisão oferecida. Hoje, por exemplo, existem receptores pequenos a ponto de poderem ser embutidos em relógios. E é possível saber a posição de um lugar com poucos milímetros de margem de erro.

Hoje, os receptores GPS estão se difundindo rapidamente e já são usados na determinação de coordenadas de pontos da superfície terrestre e que serão utilizados no georreferenciamento das imagens digitais para os mais diversos fins. Mapeamento, topografia, agricultura de precisão são algumas das práticas que se beneficiam com o sistema. Esportistas que precisam saber sua localização (como participantes de rali ou alpinistas) também têm usado bastante o GPS.

O GPS é um sistema espacial de fornecimento de informações de posicionamento, navegação e tempo, baseado em rádio que opera continuamente sob quaisquer condições meteorológicas em qualquer lugar sobre ou próximo a Terra. O sistema deveria atender plenamente a navegação em geral e vem oferecendo precisões cada vez maiores nos posicionamento estático e cinemático (Blitzkow, 1998).

O sistema GPS pode fornecer precisa capacidade de navegação tridimensional, em qualquer parte da Terra, mesmo para usuários submetidos à alta dinâmica. Velocidade e atitude também podem ser obtidas. Utilizando técnicas diferenciais e minimizando erros, o sistema pode oferecer a alta precisão requerida em algumas aplicações (Morais et al, 1994). Segundo (Morais et al, op cit) os principais objetivos do GPS são:

- a) auxílio a rádio navegação em três dimensões com elevada precisão nos cálculos de posição, mesmo com usuários sujeitos as altas dinâmicas;
- b) navegação em tempo real;
- c) alta imunidade a interferências;
- d) cobertura global, 24 horas por dia;
- e) rápida obtenção das informações transmitidas pelos satélites.

CAPITULO V

5 MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração deste trabalho foi utilizado, uma vasta consulta bibliográfica via internet, livros, relatórios técnicos e ambientais, e publicações referentes ao assunto da área em questão, além dos dados, regionais, locais e temáticos.

Na primeira etapa foi realizado um levantamento e a análise de todos os dados, mapas, relatórios técnicos e ambientais, disponíveis na PETROBRÁS (sobre a sua estrutura exploratória na Bacia Potiguar) e nos demais órgãos da esfera municipal, estadual e federal. Localização das instalações petrolíferas do campo Canto do Amaro, dos reservatórios d'água, drenagens, lagoas, povoados e cidades, com auxílio de imagens de satélite e reconhecimento geográfico da área de trabalho. Estas informações primárias foram então catalogadas, por setores, áreas de atividades, tipos de atividades, características de terreno e aspectos ambientais.

Foram utilizados para desenvolvimento desta pesquisa produtos orbitais, material cartográfico, mapas topográficos e geológicos, e materiais suplementares que serão abordados a seguir:

- Imagens TM/Landsat – 7, nº da órbita 216 – 63 de 05/09/1996.
- Imagem orbital SPOT nº. da órbita 215-064; projeção UTM; Zona 24 Sul; Datum WGS 84; de 05/09/1996.
- Conjunto de três imagens orbitais do satélite IKONOS 2, obtidas no mês de agosto de 2002; projeção UTM; zona 24 sul; Datum WGS 84; resolução espacial de 1 m.
- Imagens SPOT HRVIR de 07/08/1996 do ponto de órbita 726-360.
- Carta topográfica Folha SB-24-X-B-IV – Areia Branca; escala 1:100.000; elaborada pela SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste) impresso no ano de 1976.

- Carta topográfica Folha SB-24-X-D-I – Mossoró; escala 1:100.000; elaborada pela SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste) impresso no ano de 1979.
- Carta topográfica Folha SB-24-X-D-I-1-2 MI-897-2 – Serra do Mel; escala 1:50.000; impressão 1990; elaborado pelo DSG (Departamento de Serviço Geográfico), Ministério do Exército – Departamento de Engenharia e Comunicações.
- Mapa Geológico do estado do Rio Grande do Norte, escala 1/500.000 executado em conjunto pelo DNPM/UFRN/PETROBRÁS/CPRM (1988).
- Mapa Geomofológico do estado do Rio Grande do Norte, executado pelo projeto RADAM-BRASIL (1981) na escala de 1/1.000.000.

Além dos dados e materiais disponíveis na PETROBRÁS, foram catalogadas e atualizadas também, todas as informações contidas nas cartas topográficas da SUDENE, em escala 1:100.000, as fotos aéreas e as ortofotocartas (1:10.000) desta área, para preparação e elaboração das bases topográficas e de referência.

Foram realizadas as avaliações preliminares destes dados visando se identificar às equivalências de escalas, tipos de coordenadas geográficas, qualidade das digitalizações (polígonos fechados, linhas em direção digital, Georreferenciamento, etc.) e principalmente as compatibilidades dos arquivos, para se trabalhar em uma plataforma única de softwares.

A área de pesquisa foi procedida de um mapeamento preliminar de feições geológicas, pedológicas, geomorfológicas, vegetação etc., com base em imagens de satélite com resolução espacial de 10 m (Imagem SPOT com merge do pancromático e sintético com o modo SX). O levantamento de pontos de controle em campo (GCP), para georreferenciamento das cartas geradas, foi procedido com uma acurácia de aproximadamente 10 m, com o uso de GPS. Sobre as imagens foram aplicadas correções básicas (atenuação atmosférica; correção radiométrica) e técnicas de realces por ampliação de contraste, razão de bandas, composição colorida RGB (Vermelho, Verde e Azul) e IHS (Intensidade, Matiz ou cor e Saturação), componentes principais-PC e por fim segmentação/classificação. A geocodificação das imagens consistiu da retificação geométrica mediante superposição com a carta topográfica base da área de estudos. As imagens resultantes do processamento digital foram avaliadas como bandas individuais e composições coloridas, sendo selecionadas as mais significativas para uso na geração dos produtos de interesse. O processamento, estudo e georreferenciamento das imagens e elaboração dos mapas temáticos digitais foram realizados no SPRING v. 4.2.

Criação da base de dados

1. Digitalização de pontos cartográficos de referência, tais como drenagem, estradas, cidades, etc., obtidos das cartas topográficas do IBGE e da SUDENE, na escala 1:100.000.

2. Elaboração de mapas temáticos preliminar a partir da análise e interpretação das imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite LANDSAT - 7 e do SPOT, considerando os padrões fotográficos identificados pela variação dos matizes de cores, e pelos elementos texturais de relevo e drenagem, como também a partir dos dados do processamento digital.

3. Mapeamentos de detalhe das áreas de riscos selecionadas na etapa anterior. No caso destas áreas, foram usados como bases, os produtos de sensores remotos com uma resolução espacial máxima de 4 m (imagens do satélite IKONOS Merge com Fusão Digital Muti+Pan – 3 bandas) e submétricas (Fotografias Aéreas de Pequeno Formato-FAPEFs, que foram processadas diretamente no computador).

4. Georreferenciamento dos dados verificados no campo.

O levantamento de dados contou com análise detalhada dos solos, geologia, vegetação, uso agrícola, relevo, da degradação ambiental. Constou da observação e descrição das condições da infra-estrutura do campo petrolífero Canto do Amaro para a extração do óleo e gás, definindo-se as vulnerabilidades e riscos ao meio ambiente e a população local.

A metodologia baseou-se nas observações de campo, com visita e georreferenciamento dos poços, das linhas de produção e das estações receptoras com ajuda de um GPS e registro fotográfico.

O sistema utilizado para o processamento de informações georreferenciadas foi o SPRING que é um banco de dados geográfico de segunda geração, para ambientes UNIX e Windows. Para o cálculo de vulnerabilidade foi utilizado o SISCALV (Sistema de cálculo de Vulnerabilidade) que é um software que calcula as vulnerabilidades de indivíduos, famílias, grupos ou comunidades, como suporte a mitigação e ao desenvolvimento de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável (Barbosa et al., 2003).

O processamento de imagens digital focou as imagens SPOT, que permitiu através da classificação mapear três níveis de degradação ambiental na área do campo.

Foi realizada interpretação da imagem multiespectral orbital do satélite IKONOS da banda 1, região do azul – intervalo espectral de 445 a 516 nm. A faixa espectral do azul apresenta grande penetração na água com elevada transparência, permitindo estudos do chão de corpos d'água não muito profundos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera e apresenta alta refletância nas áreas de solo exposto.

O trabalho de campo foi realizado durante o período da maré vazante, o que permitiu fazer uma avaliação mais criteriosa do processo erosivo que está ocorrendo na margem direita do estuário dos rios Apodi e Mossoró nos limites do campo petrolíferos Canto do Amaro. O trabalho constou de uma descrição detalhada da paisagem e de registro fotográfico.

Na etapa final de campo foram coletados dados para realizações das características físicas do solo (ensaio de infiltração e coleta de amostra de solo) e aplicações de questionários de fatores de vulnerabilidades: social, econômico, seca e tecnológica na comunidade rural.

Os dados das características físicas do solo são os parâmetros necessários para definir a capacidade de infiltração da água e/ou do óleo no solo, na determinação da capacidade de infiltração máxima ou acumulada (I). Ela é geralmente expressa em milímetros/dia (mm/dia) ou centímetros/dia (cm/dia), em função das características do solo e de coleta de amostras de solo, a profundidade de 30 cm com o objetivo de determinar a capacidade máxima de retenção de água não gravitacional CAD (mm), na parcela de solo contida nos 100 cm de profundidade. Os passos metodológicos dos trabalhos foram:

Ensaio de infiltração (Capacidade de infiltração máxima)

Foram realizados ensaios de infiltração em todas as 7 manchas de solos na área de estudo, utilizando-se água e óleo, totalizando 13 ensaios. Dependendo do solo, cada ensaio demorou em média de 3 a 5 horas para ser realizado. São realizadas 5 medidas de cada intervalo (de 1 em 1 minuto; de 5 em 5 minutos; de 10 em 10 minutos; de 15 em 15 minutos; de 30 em 30 minutos e de 1 em 1 hora). Para o georreferenciamento dos ensaios foi utilizado o GPS.

Para a determinação da velocidade de infiltração (VI) da água e/ou óleo no solo. Foi utilizada a metodologia de Bernardo (1980). Os cilindros foram enterrados de forma concêntrica, à profundidade de 15 cm, cujas características são dadas na Figura 5.1. A altura

da lâmina infiltrada é constantemente medida com uma régua graduada fixa no recipiente externo que alimenta o cilindro interno enquanto o cilindro externo é alimentado manualmente para manter o nível constante para evitar o movimento lateral da lâmina infiltrada. Os valores das lâminas infiltradas são registrados em uma planilha juntamente com os respectivos tempos de coletas dos dados (Apêndice A).

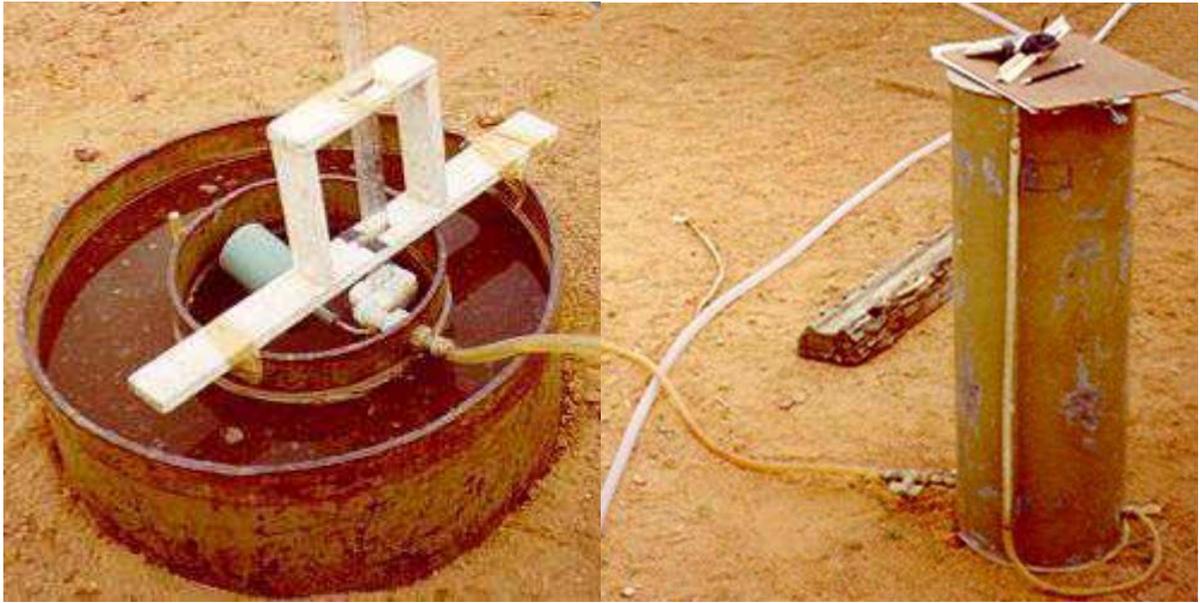


Figura 5.1 – Cilindros infiltrômetro de anel
Fonte: (Silvino, 2000) – adaptada.

Segundo Bernardo et al (2005) um solo pode ser classificado para água, segundo sua velocidade de infiltração básica (VIB), e os valores de VIB em função da textura de solo são

Coleta de amostras de solo

Solo de VIB muito alta	> 30 mm/h	Arenosa	25 a 250 mm/h
Solo de VIB alta	15 – 30 mm/h	Franco-arenosa	13 a 76 mm/h
Solo de VIB média.....	5 – 15 mm/h	Franco-arenosa-argilosa	5 a 20 mm/h
Solo de VIB baixa.....	< 5 mm/h	Franco-argilosa	2,5 a 15 mm/h

Para a determinação das características da capacidade de campo (C_c), ponto de murchamento (P_m) e densidade aparente (D_a) foram coletadas amostras de solo pelo método usual para caracterização analítica completa para uma profundidade de 30 cm, com a utilização de um trado especial, segundo a metodologia de Bernardo et al (2005) (Anexo A).

As seguintes formas metodológicas para a determinação dos parâmetros de Cc, Pm, Da, DTA foram adotadas:

a) Determinação da capacidade de campo (Cc) – foi realizada com base no método da curva de tensão (curva característica) – a tensão, considerada como equivalente à (Cc), é de 1/10 de atmosfera, para solos de textura grossa e de 1/3 de atmosfera, para solos de textura fina. Segundo Bernardo et al (2005), a tensão geralmente usada é de 1/3 de atmosfera, para qualquer tipo de solo. Para a presente pesquisa, esta curva de tensão foi determinada em laboratório com panela e membrana de pressão, para baixa tensão.

b) Determinação do Ponto de Murchamento (Pm) – foi utilizada a metodologia adotada por Bernardo et al (2005). O solo é destorroado e submetido a uma tensão de 15 atmosferas em membrana de pressão (panela de pressão) colocando-a na câmara e aumentando a pressão sobre a membrana ou prato, até atingir 15 atmosferas. Cada amostra fica sob esta pressão até que dela não saísse mais água, ou seja, a água retida pelo solo está com tensão igual ou superior a 15 atmosferas.

c) Determinação de Densidade Aparente (Da) – foi utilizada o método de proveta de Bernardo et al (2005). Os seguintes procedimentos foram adotados: 1) Pesa-se uma proveta de 100 ml, com aproximadamente de 0,5 a 1 g; 2) enche-se a proveta com solo em estufa a 105°C; 3) coloca-se, de cada vez, aproximadamente 35 ml, contidos em Becker de 50 ml, deixando cair de uma só vez e em seguida, compacta-se o solo batendo a proveta 10 vezes sobre o lençol de borracha de 5 mm de espessura com distância de queda de mais ou menos 10 cm, sendo esta operação repetida por mais duas vezes, até que o nível da amostra fique nivelado com o traço do aferimento da proveta; 4) Pesa-se a proveta com a amostra e calcula-se a densidade aparente pela fórmula abaixo:

$$d_a = \text{peso da amostra seca a } 105^\circ \text{ C} / \text{volume da proveta (g / cm}^3\text{)}$$

Com os parâmetros de campo definidos, determinou-se a Disponibilidade Total de Água do solo (DTA).

$$DTA = (Cc - Pm) / 10 \times d_a$$

A DTA define a vulnerabilidade dos solos frente aos riscos do derramamento de óleo.

Vulnerabilidades

No estudo das condições socioeconômica e ambiental da área em estudo, foram realizadas 35 entrevistas com aplicação de questionários de avaliação do diagnóstico socioeconômico das famílias residentes na zona rural, nos limites do campo petrolífero Canto do Amaro além de observações de campo e registros fotográficos (Figura 5.2). Os questionários foram desenvolvidos na Universidade de Mérida na Venezuela, adaptados por Rocha (1997), para o Rio Grande do Sul e adaptado por Silva (2002) e outros para o semi-árido. As questões levantadas nos questionários encontram-se no Anexo B.



Figura 5.2 – Aplicação dos questionários de avaliação sobre os diagnósticos socioeconômicos e ambientais às famílias da região em estudo

Para se realizar este diagnóstico socioeconômico consideraram-se alguns fatores e suas variáveis:

- Fator vulnerabilidade social: demografia, habitação, consumo de alimentos, participação em organizações e salubridade rural.
- Fator vulnerabilidade econômica: produção vegetal, produção de animais de trabalho, verticalização, comercialização, crédito e rendimento.
- Fator vulnerabilidade tecnológica: tecnologia e máquinas.
- Fator vulnerabilidade à seca: recursos hídricos, produção, manejo de caatinga, exploração de espécies nativas, armazenamento, redução do rebanho, previsão de chuvas, educação e administração rural.

Os valores encontrados nas retas de vulnerabilidades podem variar de zero (vulnerabilidade nula) até 100 (vulnerabilidade máxima) e são classificados de acordo com as quatro classes constantes na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Classes de Vulnerabilidades

Classes de Vulnerabilidades			
Baixa	Moderado	Alta	Muito alta
0 – 15	16 – 30	31 – 45	> 45

Fonte: (Barbosa, 1997b)

Os diagnósticos das vulnerabilidades permitem avaliar e identificar algumas características da sociedade que são inerentes à construção social da degradação das terras e dos riscos relacionados. Os questionários dos diagnósticos socioeconômico e ambiental foram aplicados por amostragem (10% do total das famílias residentes na área do campo petrolífero Canto do Amaro). Os 35 questionários foram aplicados a comunidade local por alunos dos cursos de graduação em Engenharia de Minas e Engenharia Agrícola da UFCG (Anexo B). Cada aluno atuou numa área pré-determinada e distribuindo-se por toda extensão da área, permitindo assim uma avaliação de maneira uniforme na área em apreço.

Os alunos foram capacitados para o bom desempenho da tarefa, quando lhes foram apresentados os objetivos desse trabalho, o método de seleção de famílias entrevistadas e a explicação dos itens dos questionários, além dos objetivos gerais do projeto Marisco-Rede 5 (Anexo C).

CAPÍTULO VI

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Riscos na exploração de petróleo no campo Canto do Amaro

6.1.1 Riscos nas linhas de produção

Os resultados da avaliação dos riscos e da vulnerabilidade do sistema exploratório do campo petrolífero Canto do Amaro mostraram que as diretrizes da PETROBRÁS, no geral, não estão sendo observadas.

A sinalização, principalmente das linhas de produção é muito precária, e nos locais onde ela aparece está em má estado de conservação, e tomada pelo mato (Figura 6.1). Em alguns pontos as linhas de produção estão sinalizadas, chamando atenção para o risco, como esta observada nas proximidades do poço CJ-015. No entanto a conservação está muito ruim, pois tanto as placas como os dutos estão envolvidos pelo mato seco.

A população na região é essencialmente rural. Na maioria são pequenos proprietários rurais ou camponeses empregados nas propriedades maiores. A atividade agropecuária na região está representada por algumas propriedades de médio a grande porte, como as fazendas Frei Antônio e Canto do Amaro e por pequenas propriedades.

A atividade agropecuária, desenvolvida de forma extensiva, baseia-se na criação de bovinos, ovinos e caprinos. A cultura agrícola basicamente é para o auto-consumo e as principais culturas são o milho e feijão.

O acesso a estas linhas por animais e pela população é livre. Segundo o relato de moradores locais, onde ocorrem conjuntos de linhas (várias linhas disponibilizadas de modo paralelo) tem havido desastres com os animais de maior porte, como os bovinos, que ficam

presos entre elas, quebrando suas patas. Tal acidente também pode acontecer com os humanos, ao tentar atravessá-las.

As linhas, na grande maioria dos casos parecem não receber a manutenção devida e muitas vezes estão locadas diretamente sobre os solos, com risco de serem corroídas pela ferrugem, além de estarem envoltas pela vegetação, que no período de estiagem está sob o risco da autocombustão (Figura 6.2). As linhas de produção nem sempre estão de acordo com as normas de segurança, ou seja, apoiadas sobre cavaletes de cimento armado ou de ferro, com proteções laterais e com placas de sinalização. Na Figura 6.2 elas estão sobre cavaletes de cimento armado e ferro, que as protegem da corrosão (umidade, salinização, etc.), no entanto, a conservação fica a desejar, pois estão envolvidas pelo mato (vegetação herbácea, gramíneas e pequenos arbustos), com alto risco de incêndio pela combustão natural no período de seca. Pelo quadro que se apresenta, já faz tempo que não há um trabalho de conservação, com retirada da vegetação que cresce entre as linhas. Também não existe nenhuma placa de sinalização e nem cerca de proteção.



Figura 6.1 – Linhas de produção com sinalização precária



Figura 6.2 – Linhas de produção sem estar de acordo com as normas de segurança

Uma outra situação de risco e vulnerabilidade das linhas de produção, é que elas estão depositadas diretamente sobre o solo, ao longo de diversas estradas de terra da região. Próximo ao poço CAM-691, a linha de produção se encontra em situação de risco, por estar depositada diretamente sobre o solo, ao longo de uma das estradas da área estando vulnerável a corrosão e à erosão do corte da estrada (Figura 6.3). Outra situação de risco observada é o cruzamento das linhas de produção com as estradas, que às vezes as cruzam sem estar sinalizadas, e enterradas muito próximas da superfície, o que acarreta uma situação grave de risco e vulnerabilidade. Além de a linha estar praticamente na superfície, veículos pesados, como se pode notar pelas marcas dos pneus, que transita diretamente sobre ela e, não

existe nenhuma placa de alerta. Esta linha deveria estar enterrada, e de preferência ter uma estrutura de concreto por baixo da estrada, por dentro da qual a linha passaria. Na superfície deveria estar sobre cavaletes, como a que passa ao largo (Figura 6.4).



Figura 6.3 – Linha de produção ao longo de uma estrada da área em situação de risco



Figura 6.4 – Risco observado no cruzamento das linhas de produção com as estradas e sem sinalização ou de serviço

Outra situação de risco e vulnerabilidade foi verificada nas proximidades do poço CAM-490, como mostrado na Figura 6.5. Cabe salientar que o tráfego de veículos na região não é pequeno e pelas estradas passam desde carroças puxadas por animais, automóveis, ônibus escolares, caminhões pesados e tratores, etc.



Figura 6.5 – Risco das linhas de produção depositadas diretamente sobre o solo. Ponto próximo ao poço CAM-490 (x = 699.207 ; y = 9.431.611)

Outra situação de risco e vulnerabilidade estudada foi à relação das estruturas de exploração ao meio ambiente, mais precisamente com o estuário dos rios Apodi-Mossoró, onde estão localizadas as salinas. Em alguns casos os cavaletes de sustentação dos dutos, que transportam o óleo dos poços locados dentro do estuário para as estações receptoras no

continente, foram corroídos pela água do mar, que invade o estuário durante as marés cheias, e as linhas jazem diretamente sob o fundo (Figuras 6.6, 6.7 e 6.8).



Figura 6.6 – Linha de produção do poço CAM-268. Deterioração dos cavaletes de ferro pela água do mar



Figura 6.7 – Aspectos de deteriorização dos cavaletes de sustentação e duto em risco de corrosão pela água do mar

Da mesma forma que o sal corroeu os cavaletes, ele pode corroer o duto, o que coloca em risco o estuário – contaminação por vazamento de óleo, pois o duto apoiado diretamente sob o fundo (Figura 6.8) está vulnerável à ação da água do mar, colocando em risco o ambiente aquático do estuário dos rios Apodi-Mossoró e as salinas da região. Esta é uma situação de extrema vulnerabilidade das estruturas de produção e de extremo risco para o meio ambiente. O estuário é explorado por diversas companhias na extração de sal marinho, além de ser a principal fonte de proteína para a população ribeirinha, através da pesca. O principal risco a desastre é a corrosão das linhas de produção pelo sal do mar que pode provocar derrames de óleo e comprometimento do ecossistema.



Figura 6.8 – Alta vulnerabilidade da estrutura de exploração, observada às margem do estuário dos rios Apodi-Mossoró

Além das linhas de produção, a estrutura de exploração nos poços nem sempre está bem conservada. As instalações elétricas que suprem de energia os motores dos cavalos-de-

pau, nem sempre estão dispostas de forma segura. Geralmente eles estão enterrados, protegidos por um tubo de borracha, no entanto é não raro encontrar os cabos diretamente sobre o terreno (Figura 6.9), por cima do qual passam os veículos que fazem coleta de óleo para análise, veículos de manutenção, e outros. Mesmo que a fiação esteja protegida por um conduíte de borracha, na superfície do solo ela estará vulnerável ao desgaste pelo tempo, e até mesmo a roedores.



Figura 6.9 – Cabo de energia elétrica solto no o solo, sobre o qual há tráfico de veículos

Durante os trabalhos de campo verificou-se que no poço CAM - 514 tinha havido um vazamento de óleo, devido ao rompimento da caixeta. Na área estava trabalhando uma equipe de emergência. Como o poço estava em funcionamento, à energia elétrica demorou a ser desligada. O óleo jorrou sobre as áreas vizinhas e sobre toda a estrutura, inclusive sobre a fiação elétrica de alimentação da estação automática de transmissão de dados (Figura 6.10), caracterizando um risco a incêndio. Na Figura 6.11 se vê primeiro plano parte do solo contaminado por óleo, raspado da superfície; as setas azuis mostram manchas de solos ainda impregnadas por óleo; as setas vermelhas mostram monturos da vegetação que foi cortada por ter sido impregnada por óleo, para evitar incêndio.

Vários poços apresentam as cisternas de proteção entupidas com areia e até mesmo cheias de óleo que vazam dos poços, com risco de incêndio e de infiltração no solo (Figura 6.12).



Figura 6.10 – O óleo jorrado atinge a instalação elétrica da estação automática de transmissão de dados

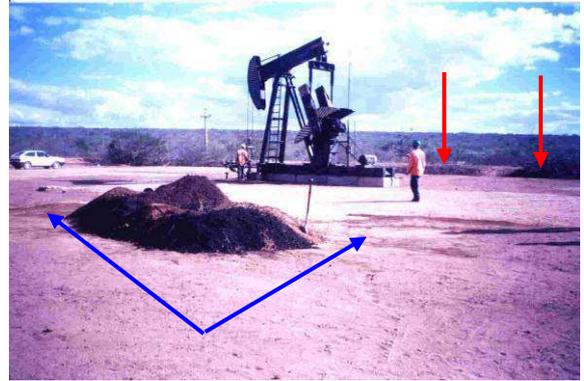


Figura 6.11 – Equipe de emergência em ação no poço CAM - 514

Os riscos e as vulnerabilidades não estão somente associados aos dutos e aos poços. Durante os trabalhos de campo verificou-se que as estações coletoras também não estão isentas dos riscos e das vulnerabilidades. No geral todas estão cercadas e exibem placas de alertas e avisos, no entanto nem sempre as cercas estão em bom estado e os portões sempre estão abertos. Isto facilita o acesso de pessoas e animais às instalações, como mostrado na Figura 6.13. Este fácil acesso deixa as estações altamente vulneráveis, até mesmo a ações de terroristas, embora de um modo geral esta possibilidade geralmente é descartada. Além disso, este fácil acesso é um risco à população local, que adentra as estações, principalmente para pasturar os animais. Em nenhuma delas foram encontrados seguranças.



Figura 6.12 – Cisterna entupida com acúmulo de óleo, com risco de incêndio e de infiltração no solo



Figura 6.13 – As estações coletoras apresentam vulnerabilidades de suas estruturas e riscos a acidentes.

Alguns poços apresentam-se aparentemente em conformidade com as normas de segurança (Figuras 6.14, 6.15, 6.16 e 6.17). Na Figura 6.14 e 6.15 observa-se o poço CAM - 197. Este foi um dos poucos poços que encontramos durante os trabalhos de campo que pode

ser considerado estar dentro das normas de segurança, embora se possa notar que a área está sob um processo erosivo pela erosão laminar e por sulcos incipientes.



Figura 6.14 – Poço CAM-197. Avanço do processo erosivo, pela erosão laminar e por sulcos incipientes



Figura 6.15 – Poço CAM - 197. Detalhe da estrutura de segurança do poço. Nota-se que o portão está trancado por um cadeado. A cisterna está limpa e a estrutura está bem conservada

Na Figura 6.16 e 6.17 observa-se detalhe da estrutura de segurança do poço. Embora a estrutura esteja bem conservada, a segurança está falha, pois o portão está aberto, não tem tranca e nem cadeado, possibilitando o fácil acesso ao seu interior.



Figura 6.16 – Poço que aparentemente está dentro das normas de segurança



Figura 6.17 – Detalhe da estrutura de segurança do poço

A maioria dos poços não possui cercas de proteção. O acesso à estrutura é livre para pessoas e animais, caracterizando uma situação de risco, e ao mesmo tempo uma situação de vulnerabilidade da estrutura (Figuras 6.18; 6.19).



Figura 6.18 – Caprinos pastam junto a um dos poços. Segundo relato de moradores é comum acidentes com animais, pois os mesmos sobem nos cavalos



Figura 6.19 – Área de pecuária, onde a estrutura do poço encontra-se fora das normas de segurança

6.1.2 Risco a degradação das terras

Na área de estudo foram observadas as fortes marcas da atividade humana no processo de degradação das terras onde a dinâmica natural foi negligenciada. A vegetação nativa praticamente não existe mais. Grande parte da área hoje é ocupada pelas invasoras, como a jurema, a catingueira e o pereiro. As cactáceas são pouco representadas. Em vários pontos os solos estão expostos sob influência da erosão hídrica e eólica, onde a fertilidade está altamente comprometida não permitindo o desenvolvimento nem de gramíneas, e a rala vegetação presente nestas áreas são caracterizadas pelo nanismo. Além da extração de petróleo, na área de estudo foram observadas atividades agrícolas, principalmente a pecuária extensiva, a exploração de calcário e dos solos como material de empréstimo e salinas.

Os principais procedimentos na identificação da degradação das terras usando-se técnicas de Sensoriamento Remoto consistem na caracterização dos padrões do terreno formadores das tonalidades de cinza de toda a área de trabalho da imagem, e em seguida agrupados em níveis de degradação, segundo a Tabela 6.1. Os elementos vegetação, solo e uso são à base de estudo da degradação das terras além dos processos sociais e políticos.

Tabela 6.1 – Características interpretativas dos níveis de degradação das terras no campo petrolífero Canto do Amaro

Nível de Degradação das Terras (Temas da classificação)	Textura	Tonalidade de Cinza
Moderado	Grosseira	Médio
Grave	Grosseira	Claro
Muito Grave	Fina	Muito claro

A avaliação da degradação das terras na região do campo petrolífero Canto do Amaro foi realizada a partir de imagens SPOT, Landsat e IKONOS que foram tratadas no SPRING v. 4.2, e processadas digitalmente. Para melhorar a visualização dos elementos das imagens, foi aplicado o realce de contraste e a seguir foi realizada a transformação RGB das bandas do infravermelho, do vermelho e do verde. A combinação RGB das imagens SPOT (Figura 6.20) mostra que em boa parte da área de estudo se desenvolve uma vegetação mais ou menos densa (em vermelho), principalmente na porção centro nordeste. As áreas de solo expostos estão representadas por tons claros. A Composição multiespectrais ajustada obtida pela composição banda 3, IVDN e banda 1 (Figura 6.21) mostrou melhor a distribuição da vegetação (em verde) e realçou as ocorrências de solos expostos (em magenta).

Na Figura 6.22 apresenta-se o resultado do uso do algoritmo componente principal (Principal componente 1 – PC1) que realçou as áreas de uso, a vegetação mais densa, as salinas e a rede viária. A componente principal 2 (PC2) realçou as áreas de uso e de ocorrência da vegetação semidensa (Figura 6.23). A Figura 6.24 mostra que a componente principal 3 (PC3) deu um bom realce à localização dos poços e ao sistema viário. A Figura 6.25 mostra a combinação RGB PC1/PC2/PC3 que realçou uma diferenciação da vegetação. As áreas onde predomina a vegetação mais densa estão representadas em verde mais escuro e a vegetação menos densa, em verdes mais claros. Nas demais áreas, as cores ciano e magenta, excetuando as várzeas (planícies de inundação dos rios) a vegetação apresenta-se rarefeita e uma maior exposição dos solos.

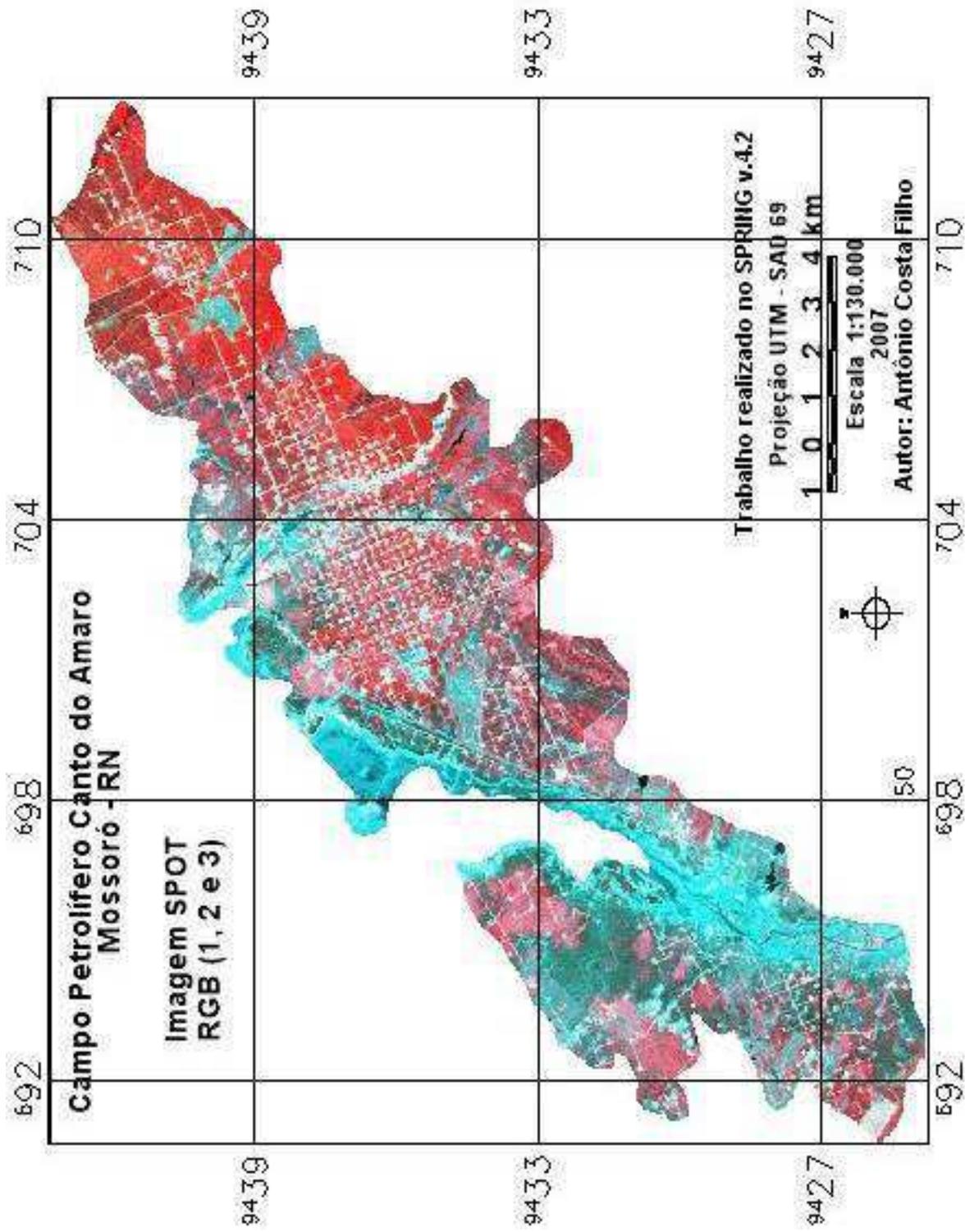
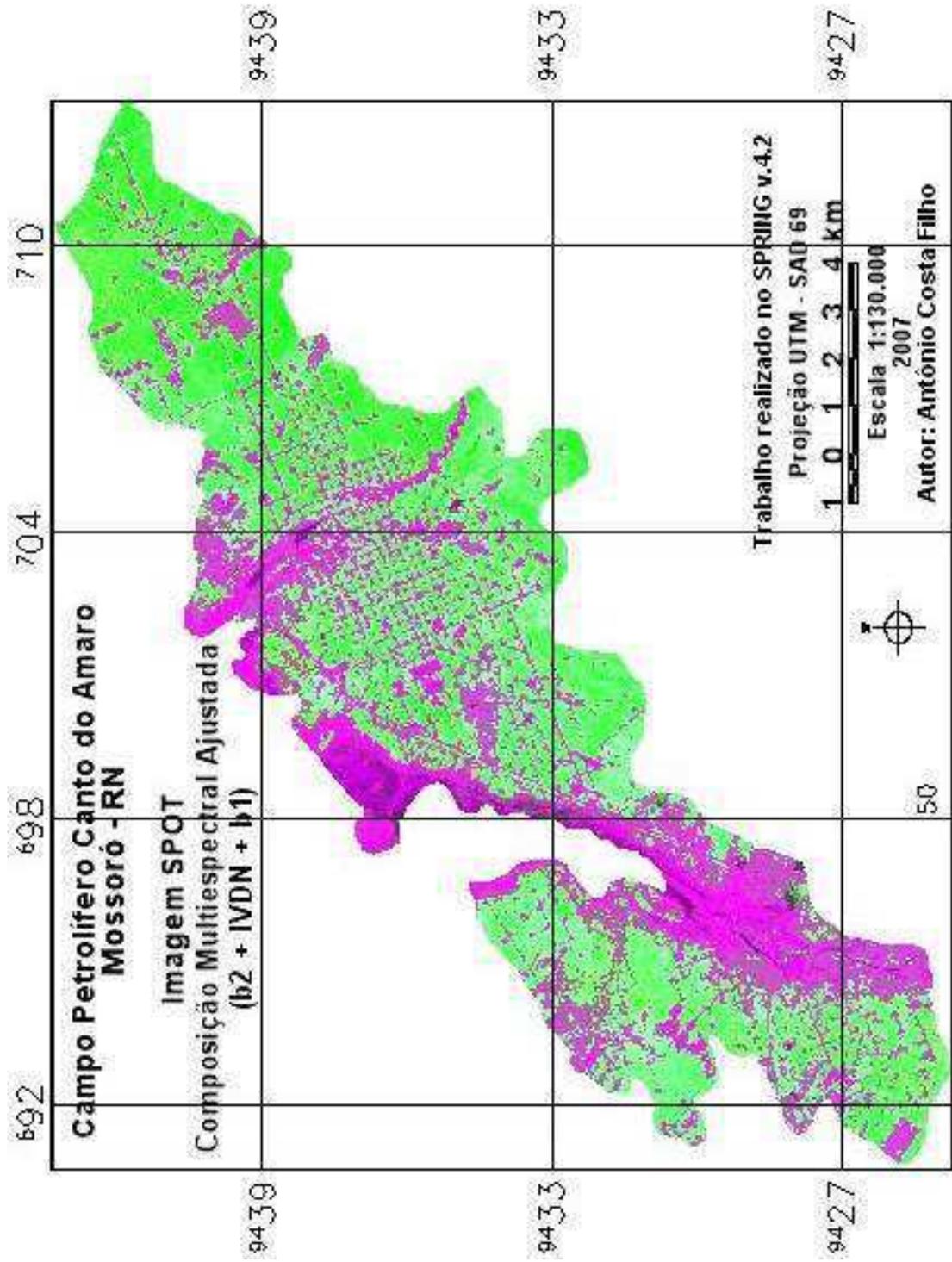


Figura 6.20 – Imagem SPOT Combinação RGB, mostra para toda a área, desenvolvimento de uma vegetação +/- densa, com poucas áreas de solos expostos



692 698 704 710
 Figura 6.21 – Imagem SPOT Composição multiespectral ajustada, mostrou também o desenvolvimento de uma vegetação +/- densa em toda a área, porém realçou um maior número de ocorrências de solos expostos.

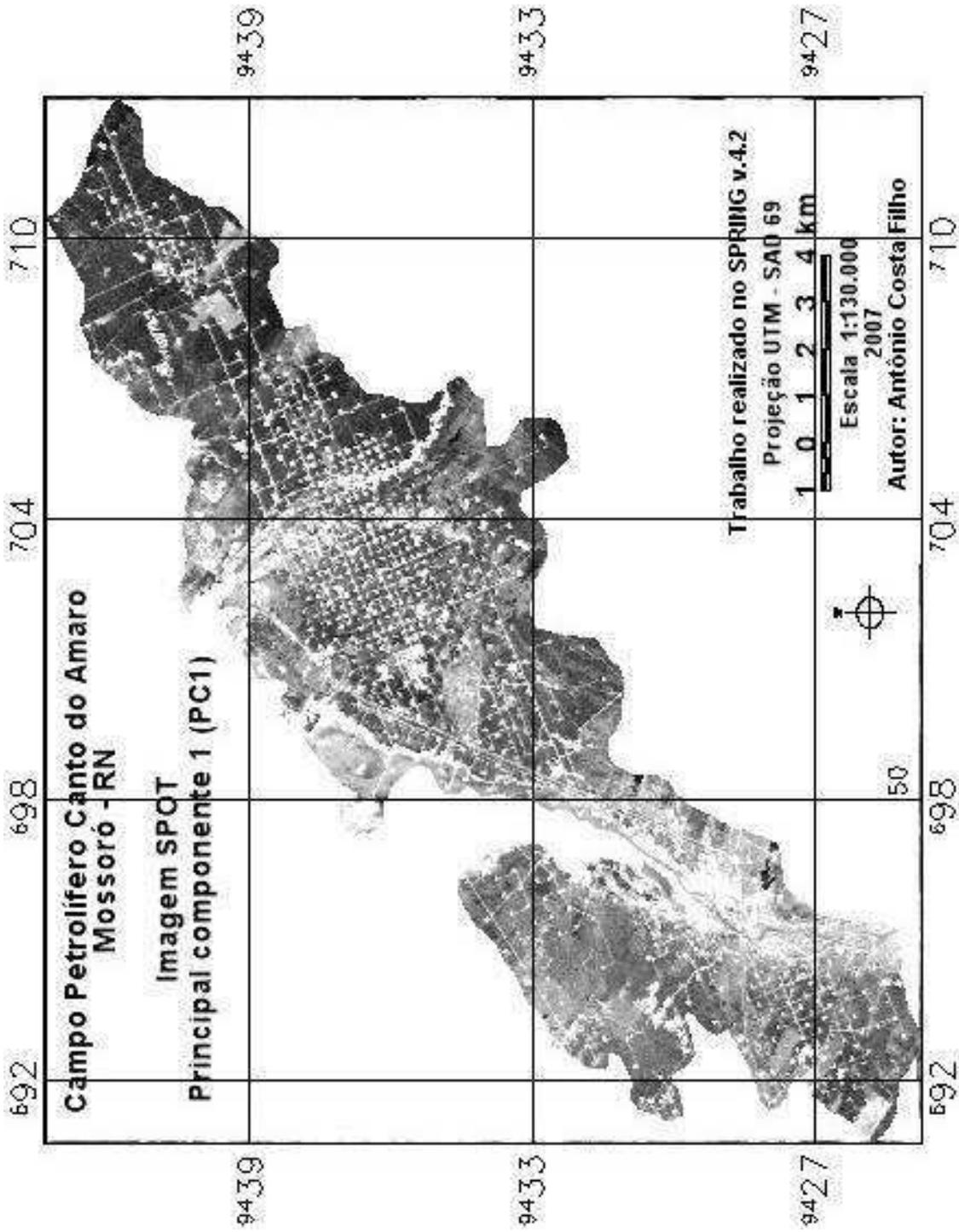


Figura 6.22 – Imagem SPOT Componente Principal 1 (PC1) realçou as áreas de uso, áreas urbanas, as áreas salinas e a rede viária.

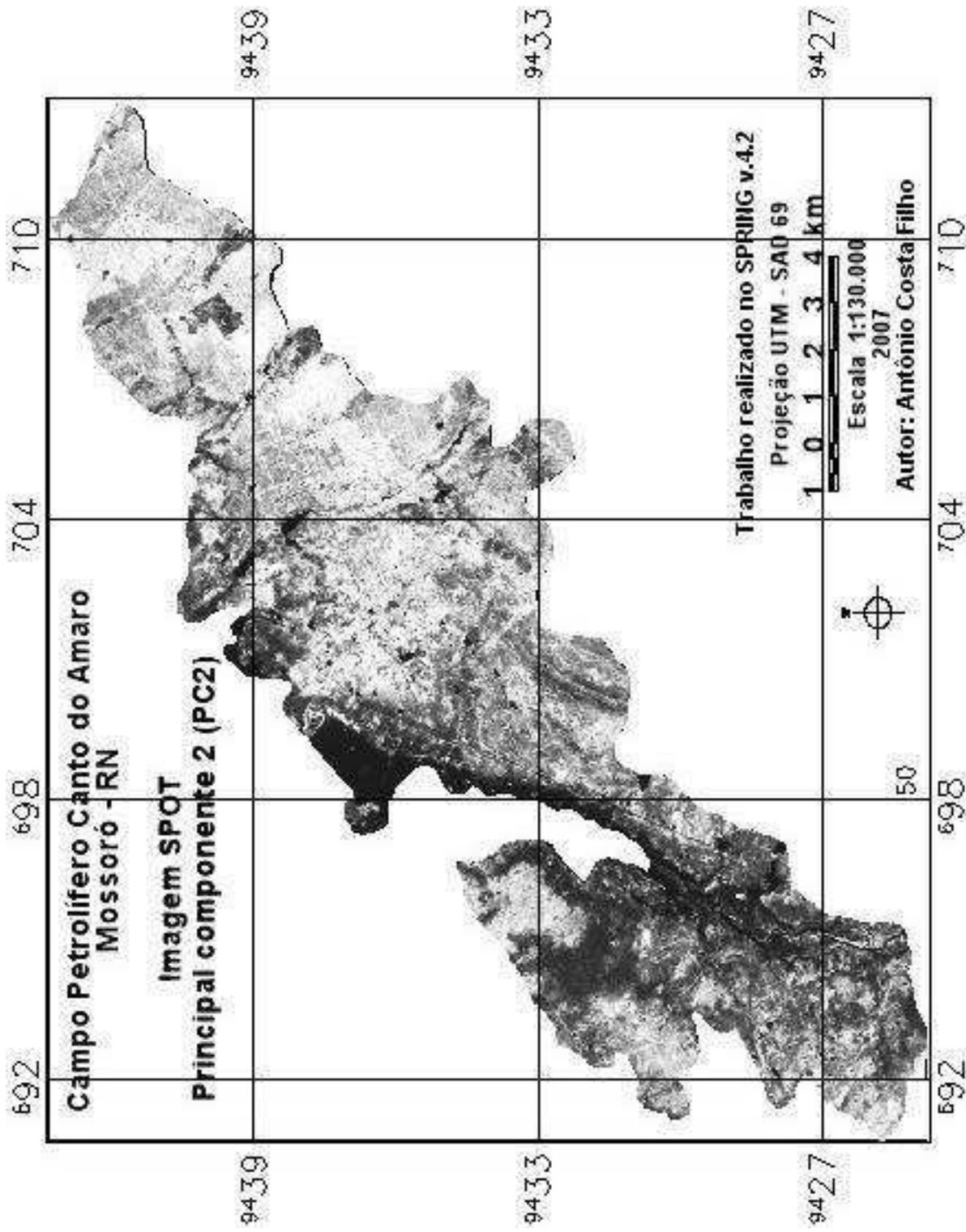


Figura 6.23 – Imagem SPOT Componente principal 2 (PC2), realçou as áreas de uso agrícola nos limites do campo Canto do Amaro.

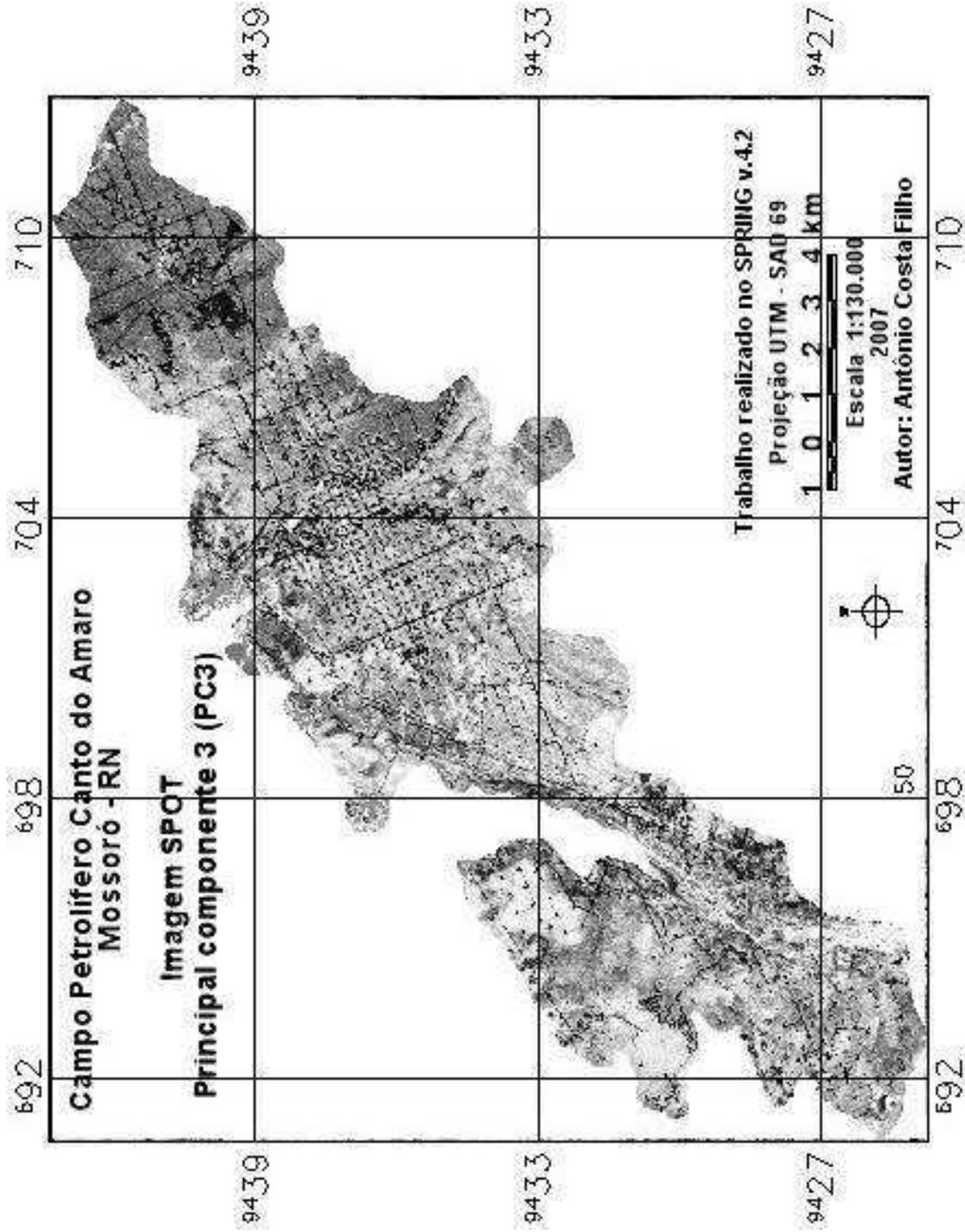


Figura 6.24 – Imagem SPOT componente Principal 3 (PC3) realçou, a localização dos poços, as estradas e áreas de erosão dos solos dentro do campo.

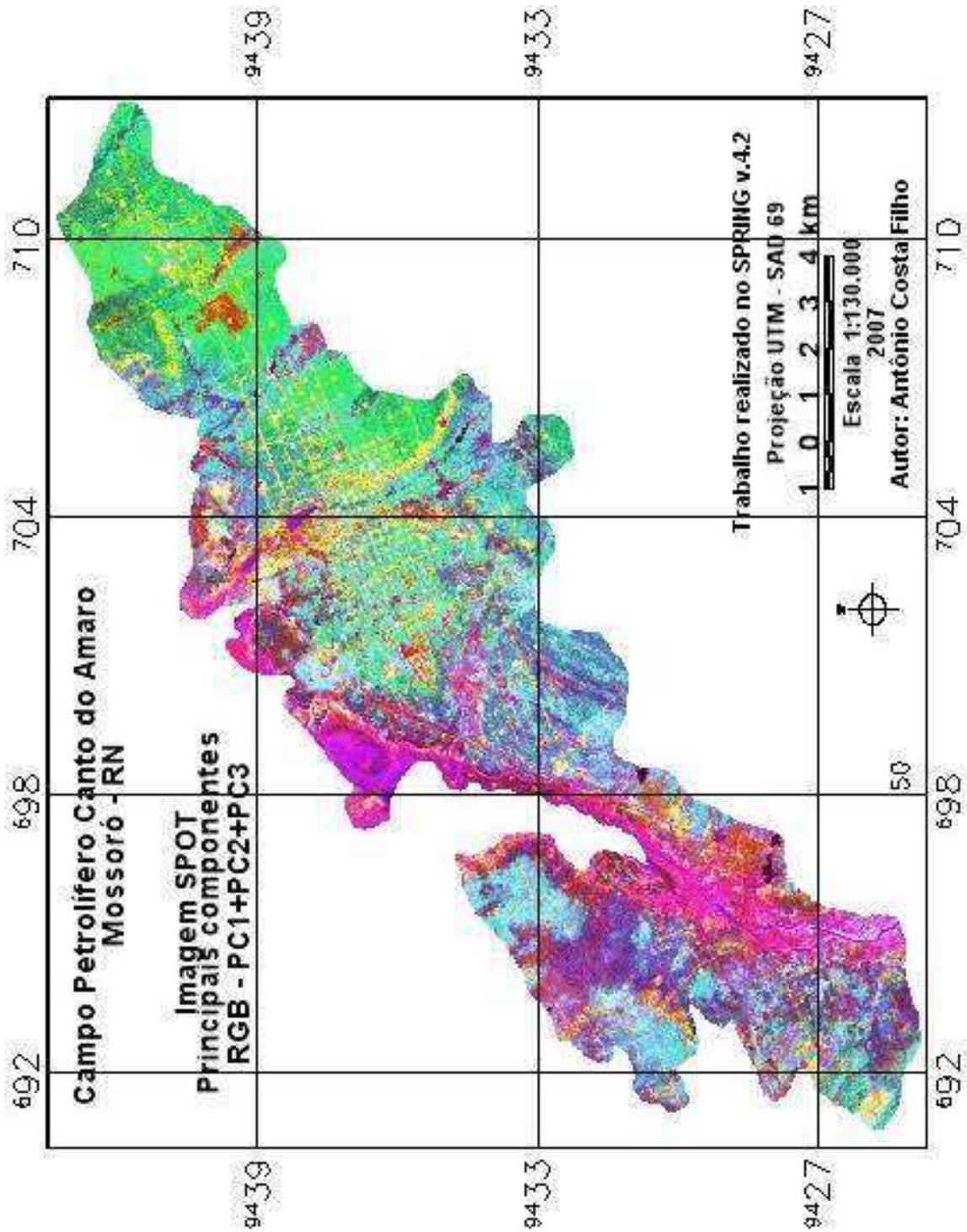


Figura 6.25 – Imagem SPOT – RGB: PC1, PC2 e PC3, realçou uma diferenciação da vegetação.

Para o mapeamento das classes de vegetação foi selecionada a banda 5 do TM/Landsat, que melhor representa a vegetação pelo teor de umidade. A imagem foi

segmentada, usando-se a similaridade 5 e área pixel 5 (Figura 6.26 A e B) e posteriormente classificada pelo método Bhattacharya. A medida da distância de Bhattacharya é usada neste classificador por regiões, para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais. Este classificador requer a interação do usuário, através do treinamento. Neste caso, as amostras são as regiões formadas na segmentação de imagens. Após a classificação os dados foram vetorizados e levados ao módulo SCARTA, onde foi elaborado o mapa digital das classes de cobertura vegetal na escala de 1:100.000 (Figura 6.27).

Para o mapeamento da cobertura vegetal foram definidas 5 classes conforme a tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Características fotomórficas das classes de cobertura vegetal no campo petrolífero Canto do Amaro

Classes de cobertura vegetal	Textura	Tonalidade de Cinza
Semidensa a densa	Fina	Média escura a escura
Semidensa	Fina	Média escura a média
Semidensa a rala	Fina a média	Média a clara
Solo + vegetação rala	Média a grosseira	Clara
Solos agrícolas	Média	Média
Solo exposto	Fina	Muito clara

Além dessas classes também foram mapeados outros 4 temas: corpos de água; poços de petróleo; nuvem e sombra (de nuvem e de relevo).

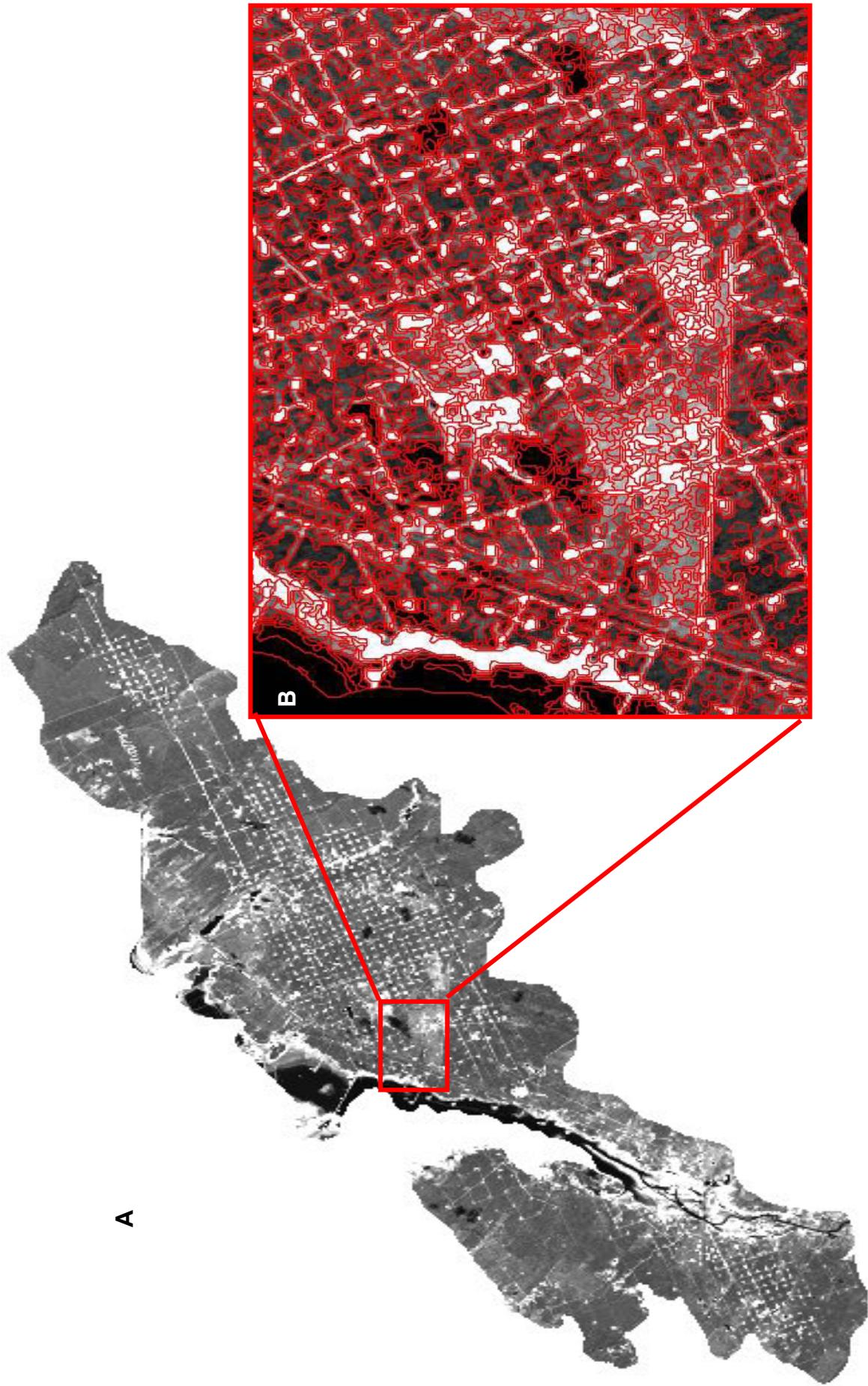
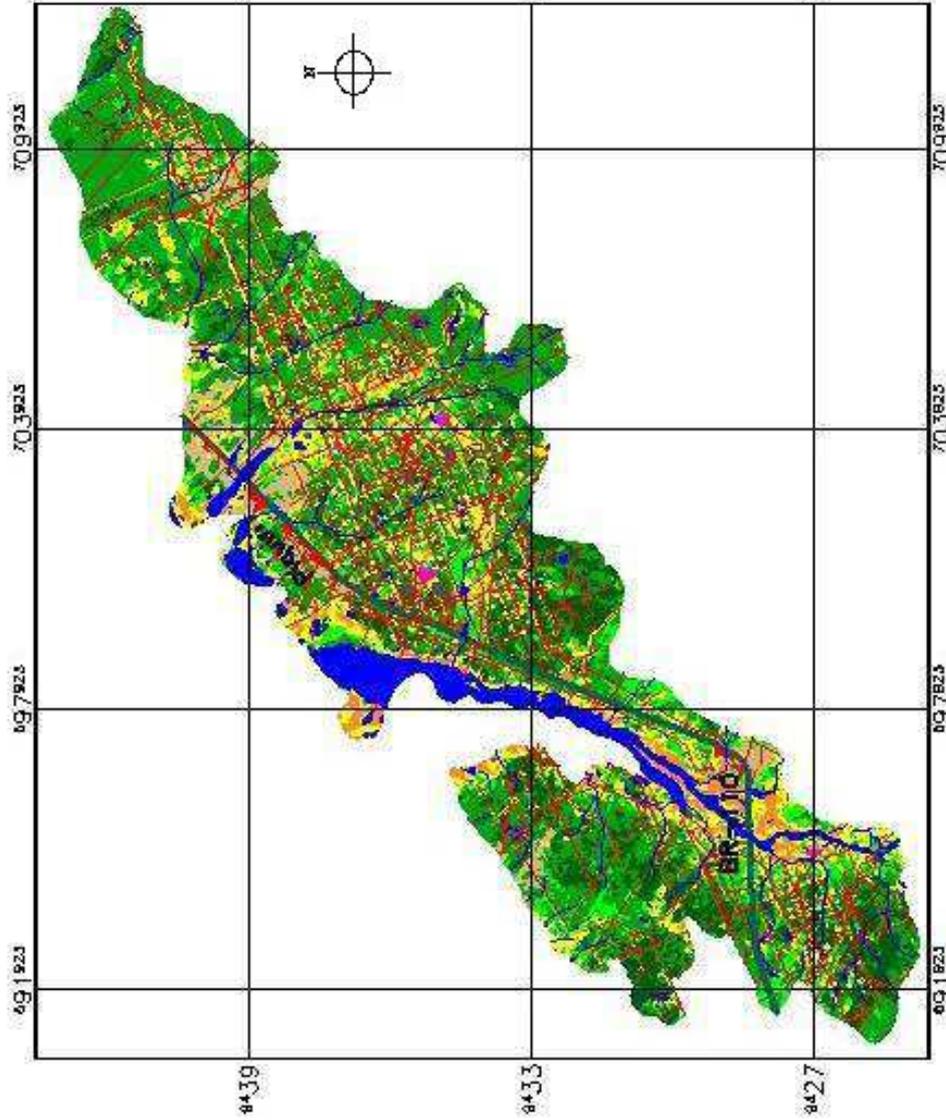


Figura 6.26 – Banda 5 do TM/Landsat-7 (A) e parte da imagem segmentada 5 x 5 (B).

Mapa Digital das Classes de Cobertura Vegetal

Campo Patrolífero do Canto do Amaro
Município de Mossoró – RN

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Programa Institucional de Pós-graduação em Recursos Naturais
Doutorado em Recursos Naturais



Legenda

Classes de cobertura vegetal

- Vegetação semidensa a densa – 25
- Vegetação semidensa – 48,89 km²
- Vegetação semidensa a rala – 16
- Solo + vegetação rala – 13,68 km
- Solo agrícola – 3,88 km²
- Solo exposta – 6,82 km²

Outros (água, poço, nuvem, sombra de nuvem e de relevo – 12,61 km²)

Convenções

- Parceiros
- Estrada pavimentada
- Estradas não-pavimentadas e caminhos
- Corpos de água – rios, lagos e açudes
- Poço de petróleo
- Nuvem
- Sombra (nuvem e relevo)

Bases de dados: Imagem TM/Landsat-7 216-63 de 05/06/1986; Imagem SPOT 204-360 de 07/08/1998; Imagem IKONOS de 17/07/2002; Formas topográficas do SUDENE Arca Branca 824 e Musard 897; Dados batimétricos e de campo

Autor: Antonio Costa Filho

Financiamento: DT-PETRO – Projeto Marisco – Rede 5



Escala: 1:100.000
2007

Trabalho desenvolvido no SPRING v
Projeção UTM – S4D 68

Figura 6.27 – Mapa da cobertura vegetal do campo Canto do Amaro

Nas Figuras 6.28 e 6.29 são mostrados alguns exemplos das classes de cobertura vegetal.

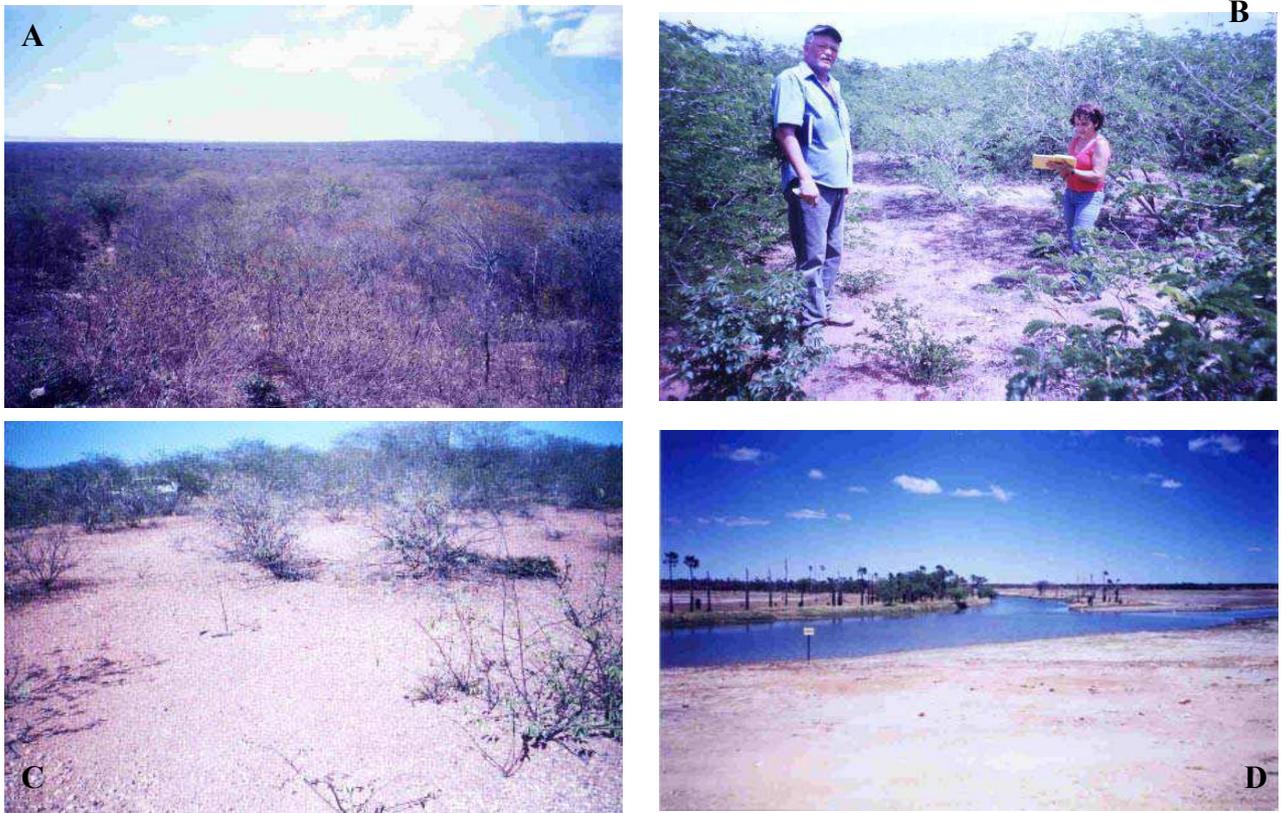


Figura 6.28 – Exemplos de cobertura vegetal no campo Canto do Amaro: A - classe semidensa a densa; B – classe semidensa; C – classe solo + vegetação rala; D – extensas manchas de solo exposto com presença de uma rala cobertura por carnaúbas



Figura 6.29 – Áreas agrícolas. (A) – Fruticultura. (B) – Pecuária

Com base no estudo da vegetação, dos solos e da ocupação das terras agrícolas foram definidos para a região do campo petrolífero do Canto do Amaro três níveis de degradação das terras. O mapeamento dos níveis de degradação das terras teve como base a principal componente 1 (PC1) das imagens SPOT e dados de campo conforme Tabela 6.3 e as Figuras

6.30 a 6.35. Na Tabela 6.4 são dadas as características físicas das classes mapeadas dos níveis de degradação das terras.

Tabela 6.3 – Classes de níveis de degradação das terras no campo Canto do Amaro

Nível de Degradação das Terras	ÁREA em Km ²
Moderado	54,92
Grave	40,06
Muito Grave	19,82
Outras classes*	12.56*
Total	114,8

Outras classes (12,56 km²) referem-se às áreas ocupadas por corpos De água, pelos poços e por nuvem e sombra (de nuvem e de relevo).



Figura 6.30 – Nível de degradação muito grave. (A) erosão laminar; (B) – voçoroca. Proximidades da sub-estação Serra Vermelha e do poço CAM - 490.



Figura 6.31 – Projeto “Recuperação de Áreas Degradadas” nas proximidades do poço AP-012. Este projeto é de responsabilidade da PETROBRAS, em convênio com a UFRN e a CEMAD. Na foto (A) observa-se a delimitação do projeto. Na foto (B) observa-se vestígios de queimada recente dentro do projeto



Figura 6.32 – Próximo ao poço CAM 490, em área de ocorrência do nível moderado de degradação das terras, foi encontrada uma voçoroca profunda de +/- 10 metros de profundidade



Figura 6.33 – Aspecto geral da vegetação na área de ocorrência do nível de degradação das terras com nível moderado. Nota-se que através da vegetação pode-se ver o solo exposto, com tons avermelhado



Figura 6.34 – Aspecto de uma das áreas de ocorrência do nível de degradação das terras grave. Vegetação pode variar de arbustiva semi-densa a rala até um tipo de capoeirão e campos, com manchas de solo exposto. A erosão é laminar e por sulcos

Tabela 6.4 – Características físicas dos níveis de degradação das terras do campo petrolífero Canto do Amaro

Nível de Degradação Moderado	
Vegetação	Densidade média, porte arbustivo, poucos exemplares arbóreos.
Uso da terra	Vegetação nativa, pecuária extensiva, agricultura de auto-consumo, etc.
Erosão	Moderada (laminar e solar)
Matéria orgânica no solo	Pouca
Nível de Degradação Grave	
Vegetação	Rala, aberta, porte arbustivo
Uso da terra	Pecuária extensiva, agricultura de auto-consumo (pequena escala)
Erosão	Intensa
Matéria orgânica no solo	Muito pouca a ausente
Densidade populacional	Baixa
Nível de Degradação Muito Grave	
Vegetação	Muito rala ou inexistente. Raquitismo
Uso da terra	Terras abandonadas.
Erosão	Muito intensa
Matéria orgânica no solo	Ausente
Densidade populacional	Muito baixa a nula

O melhor caminho para se evitar a desertificação é a prevenção por meio do uso racional dos recursos naturais, não permitindo que situações tão extremas se tornem cada vez mais comuns dentro da paisagem, o que tem sido diretamente relacionado às vulnerabilidades das famílias, sobretudo à vulnerabilidade econômica, conforme alerta o MMA, por meio do Plano Nacional de Combate à Desertificação (Projeto BRA/93/036, 1997).

Mapa Digital dos Níveis de Degradação das Terras

Campo Petrolífero do Canto do Amaro
Município de Mossoró - RN

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Programa Institucional de Pós-graduação em Recursos Naturais
Doutorado em Recursos Naturais

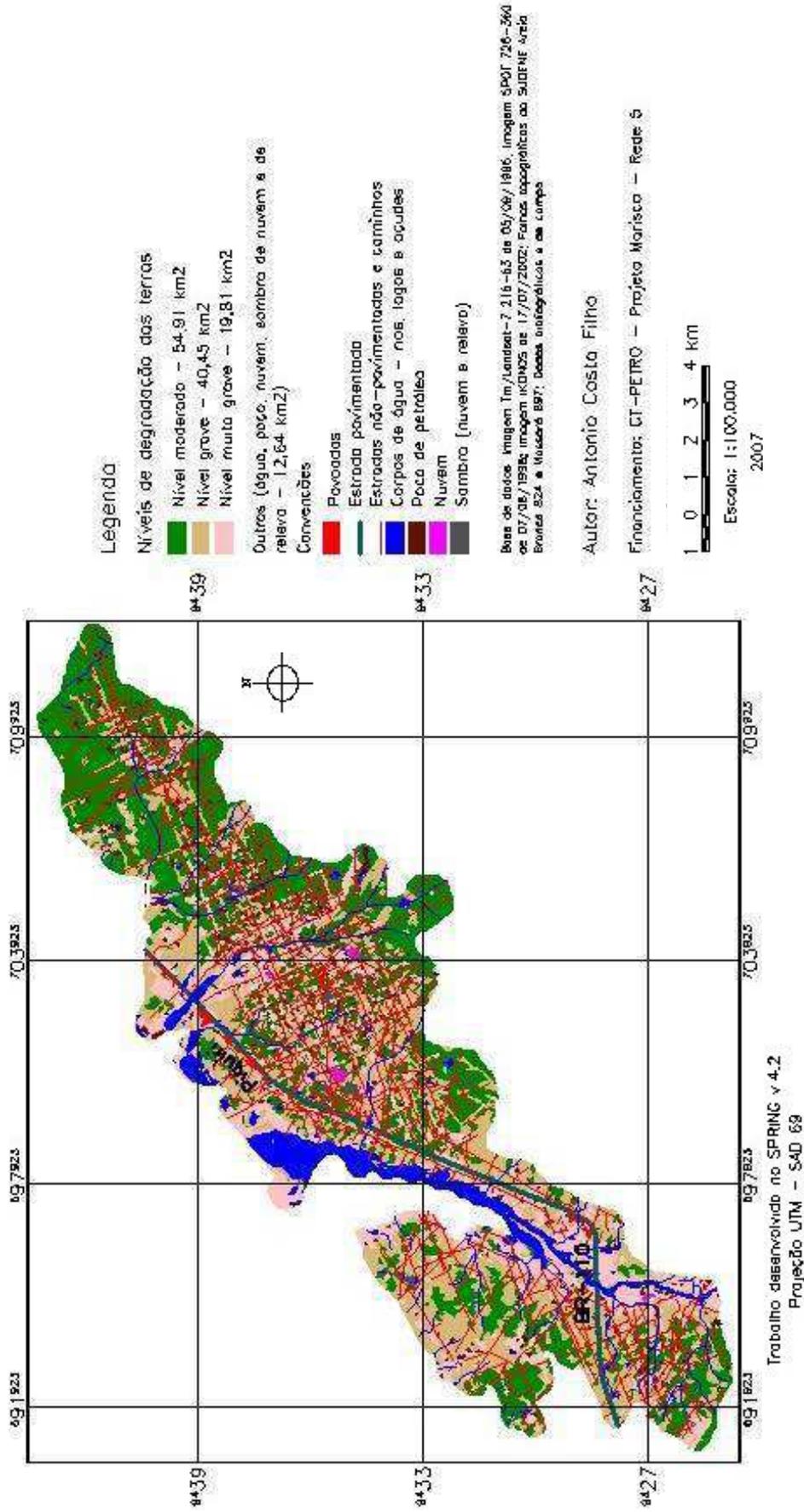


Figura 6.35 - Mapa dos níveis de degradação das terras da região do campo do Canto do Amaro.

6.1.3 Risco a erosão da margem direita do estuário dos rios Apodi e Mossoró

A localização de alguns dos poços do campo petrolífero Canto do Amaro dentro dos limites do estuário dos rios Apodi-Mossoró, ligados ao continente por passarelas construídas por aterramento, que servem de acesso aos poços, tem contribuído para a erosão marinha das margens do referido estuário. Este fato, observado no campo, foi estudado nas imagens IKONOS (Figura 6.36- A - banda 1, região do azul) onde se podem visualizar em tonalidades de cinza claro as áreas afetadas pela erosão das águas das marés altas. Em tonalidades de cinza escuro as áreas ocupadas pela vegetação. A tonalidade de cinza média escuro representa a água do estuário dos rios Apodi e Mossoró. As áreas de tonalidades de cinza mais claro, com formas geométricas mais ou menos definidas dentro da área do estuário, representam bancos de sedimentos. As feições lineares de tonalidade cinza médio a claro representam as passarelas de acesso aos poços de petróleo. As áreas de forma geométrica retangular, de tonalidade cinza médio a cinza médio claro representam os poços petrolíferos.

Na região do estuário, nos limites do campo petrolífero Canto do Amaro, a direção geral do fluxo de entrada da água durante a maré alta é NE-SO. O aterro encontra-se no caminho do fluxo das águas da maré alta, formando uma barreira que muda a direção desse fluxo em direção ao continente, e como resultado se tem a aceleração da erosão das margens do estuário. Durante a vazão da água do mar, a forte corrente de escoamento erode a margem laminarmente e por sulco (Figura 6.36 B).

Como resultado desta erosão está se formando ao longo da margem e associados aos poços no estuário, bancos de sedimentos, que aos poucos vão assoreando o fundo do estuário. Este assoreamento por sua vez acelera o processo da erosão das margens, pelo fato do fundo do estuário se tornar mais raso e as águas das marés altas tendem a se espriar para cima das margens.

Este processo de erosão em alguns pontos está colocando em risco as estruturas de exploração, como, por exemplo, as linhas de produção, montadas paralelas as passarelas de acesso aos poços (Figura 6.38).

Este processo erosivo é bem visível pelo avanço das águas para as áreas de caatinga, conforme mostrado nas Figuras 6.38, 6.39, 6.40 e 6.41.

Em alguns pontos (Figura 6.40) como este próximo ao poço CAM - 224, o avanço do mar fica caracterizado pela abertura de avenidas (canais) que adentram a área de caatinga. A vegetação que ocorre ao longo destas avenidas aos poucos vai morrendo, devido à presença

do sal na água. As raízes apodrecem não dando mais sustentação aos solos, e desta forma facilita a erosão deste pela água.

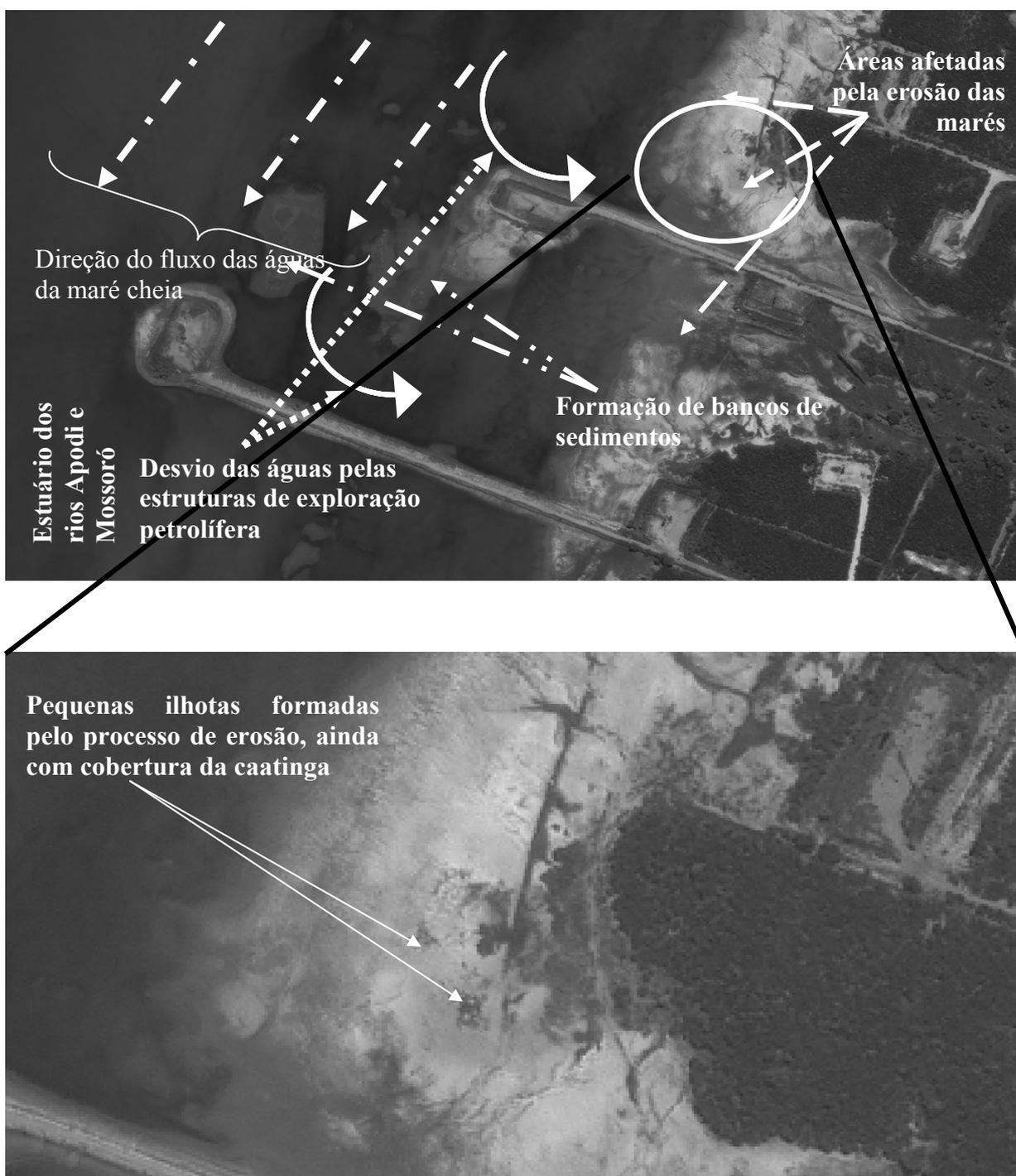


Figura 6.36 – Em (A) estão indicados sobre a imagem IKONOS, banda 1, os principais elementos que compõem as evidências da erosão da margem direita do estuário pelas águas das marés altas, nos limites do campo petrolífero Canto do Amaro. Em (B) detalhe da área estudada.

A Figura 6.37 mostra o resultado da interpretação visual da imagem IKONOS.

MAPA DA ZONA DE EROSÃO DA MARGEM DIREIRA DO ESTUÁRIO DOS RIOS
 APODI E MOSSORÓ - CAMPO PETROLÍFERO CANTO DO AMARO - RN

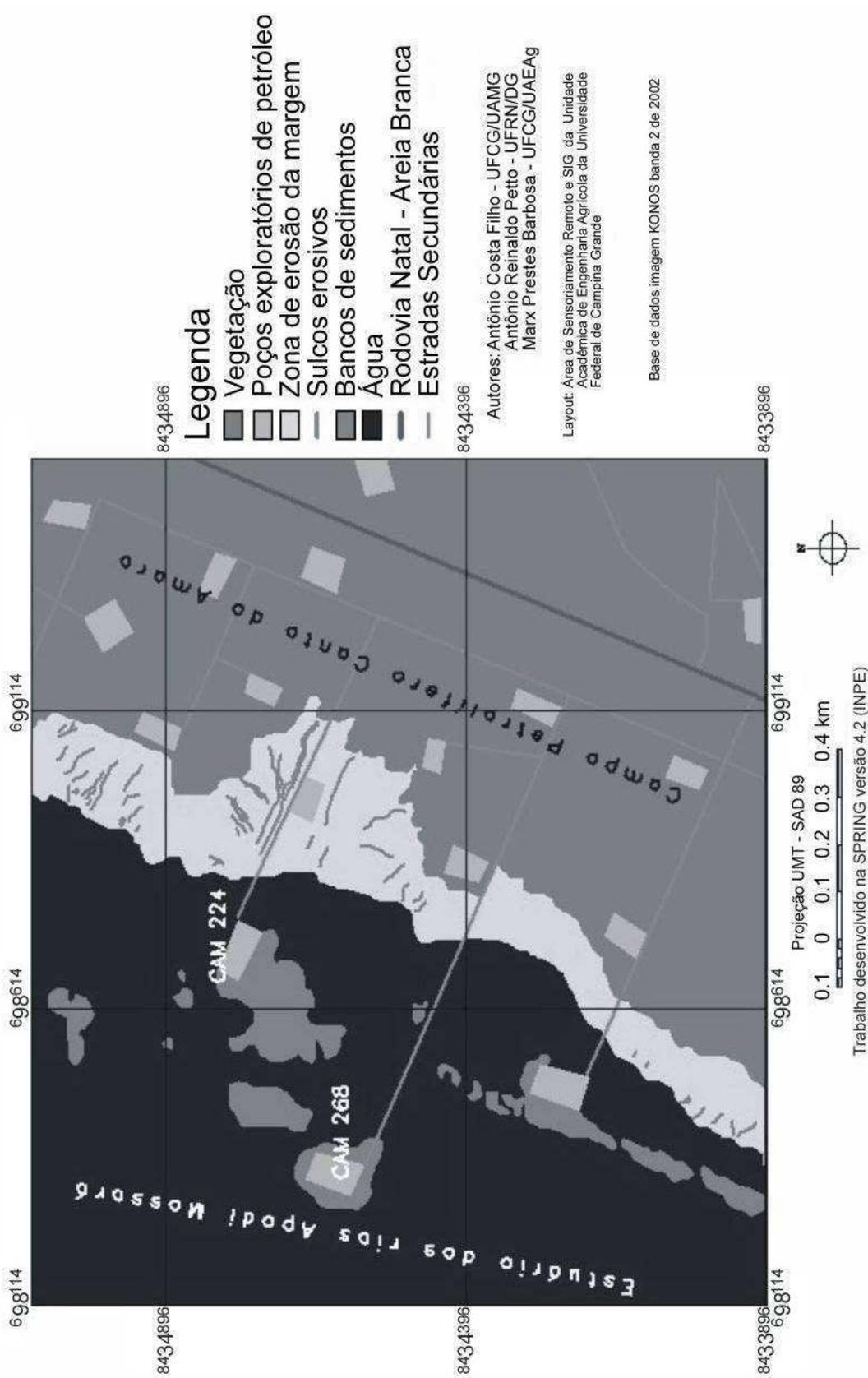


Figura 6.37 – Mapa fotointerpretativo da área afetada pela erosão da margem direita do estuário dos rios Apodi e Mossoró nos limites do campo petrolífero Canto do Amaro.

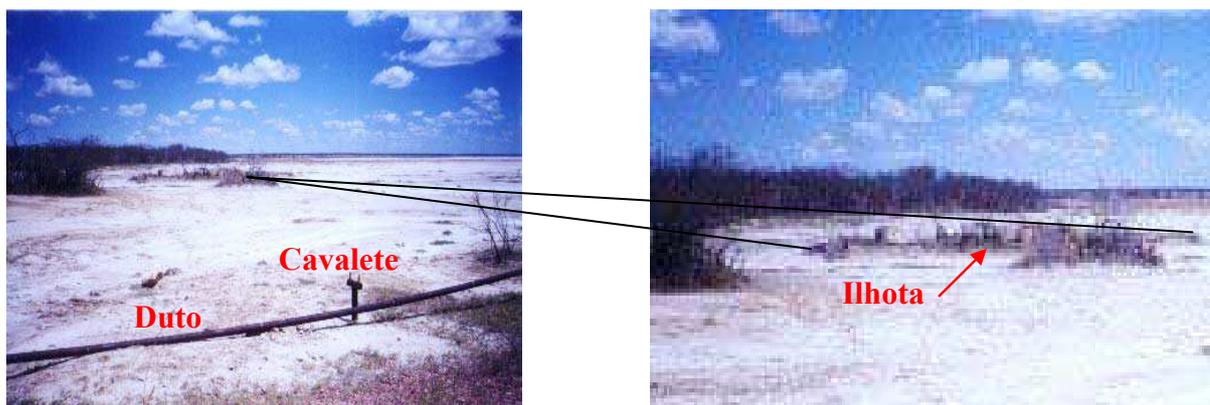


Figura 6.38 – Área do estuário dos rios Mossoró-Apodi durante a maré baixa. A ilha que se formou junto a margem (detalhe), com resquícios da vegetação de caatinga é uma das evidências do avanço do mar sobre o continente. A linha de produção (duto) do poço CAM - 224 está vulnerável a este avanço e em risco de ser corroída pelo sal e provocar um desastre por vazamento de óleo.



Figura 6.39 – Outro aspecto do avanço do mar próximo ao poço CAM - 224



Figura 6.40 – Outro aspecto do avanço do mar na região do poço CAM - 268



Figura 6.41 – Nas vizinhanças do poço CAM - 224. Detalhe da ação da água do mar na vegetação de caatinga, onde está ocorrendo a erosão da linha de costa

6.1.4 Risco de contaminação do solo

Durante o levantamento de campo foi realizada uma coleta de 7 amostras de solo presentes na área do campo petrolífero Canto do Amaro, para determinação física, a uma profundidade de 30 cm da superfície, das quais se realizou análise de laboratório, que possibilitou a associação de um conjunto de informações referentes às características físicas do solo de cada unidade mapeada e dos parâmetros: Capacidade de Campo (Cc), Ponto de Murchamento (Pm), Densidade Aparente (Da) e Disponibilidade Total da Água do solo (DTA). Foram georreferenciados todos os pontos de tomada das informações de determinação dos parâmetros de campo e dos ensaios de infiltrações, onde cada ponto associado ao solo ou teste de infiltrações contém informações básicas necessárias. Os valores obtidos em laboratório e no campo são mostrados na Tabela 6.5. Simultaneamente, foram realizados ensaios de infiltração de água e óleo nas referidas classes de solo, com objetivo de determinar a capacidade de infiltração acumulada (I) e a velocidade de infiltração aproximada (V_{Ia}), em função das características do solo (Apêndice A).

Tabela 6.5 – Características físicas dos solos analisados no campo Canto do Amaro

Solos - Siglas	Cc (%)	Pm (%)	Da (g/cm ³)	DTA (mm/cm)	Coordenadas Geográficas	
					Latitude S	Longitude W
RU	21,77	11,26	1,46	1,53446	5° 09' 58.3"	37° 14' 29.2"
CX + RU	29,23	16,44	1,35	1,72665	5° 09' 11.0"	37° 14' 39.4"
GJ	11,58	2,49	1,89	1,71801	5° 07' 21.6"	37° 13' 49.9"
CX + RL	10,86	6,16	1,84	0,8648	5° 05' 40.0"	37° 09' 57.6"
PVA + RL	31,12	12,22	1,40	2,646	5° 06' 59.7"	37° 11' 29.7"
LVA + RQ	6,33	1,71	1,74	0,80388	5° 03' 51.4"	37° 07' 9.7"
LVA	5,19	1,97	1,83	0,58926	5° 03' 22.7"	37° 06' 9.2"

RU- Neossolos Flúvicos; **CX + RU** – Cambissolos Háplicos + Neossolos Flúvicos; **GJ** – Gleissolos Tiomórficos; **CX + RL** – Cambissolos Háplicos + Neossolos Litólicos; **LVA + RQ** – Latossolos Vermelho Amarelo + neossolos Quartzarênicos; **LVA** – Latossolos vermelho Amarelo.

A Tabela 6.6 mostra a classificação textural dos solos determinada em laboratório, que indica que a maioria dos solos tem alta porcentagem de areia, ou seja, alta permeabilidade. A textura influi na capacidade de infiltração, adsorção e percolação dos fluidos.

Tabela 6.6 – Classificação textural dos solos analisados no campo Canto do Amaro

	Solos						
	RU	CX+RU	GJ	CX+RL	PVA+RL	LVA+RQ	LVA
Textura	AF	F	FA	FA	FAA	AF	FA

FAA – Franco argilo arenoso; F – Franco; FA – Franco arenoso; AF – Areia franca

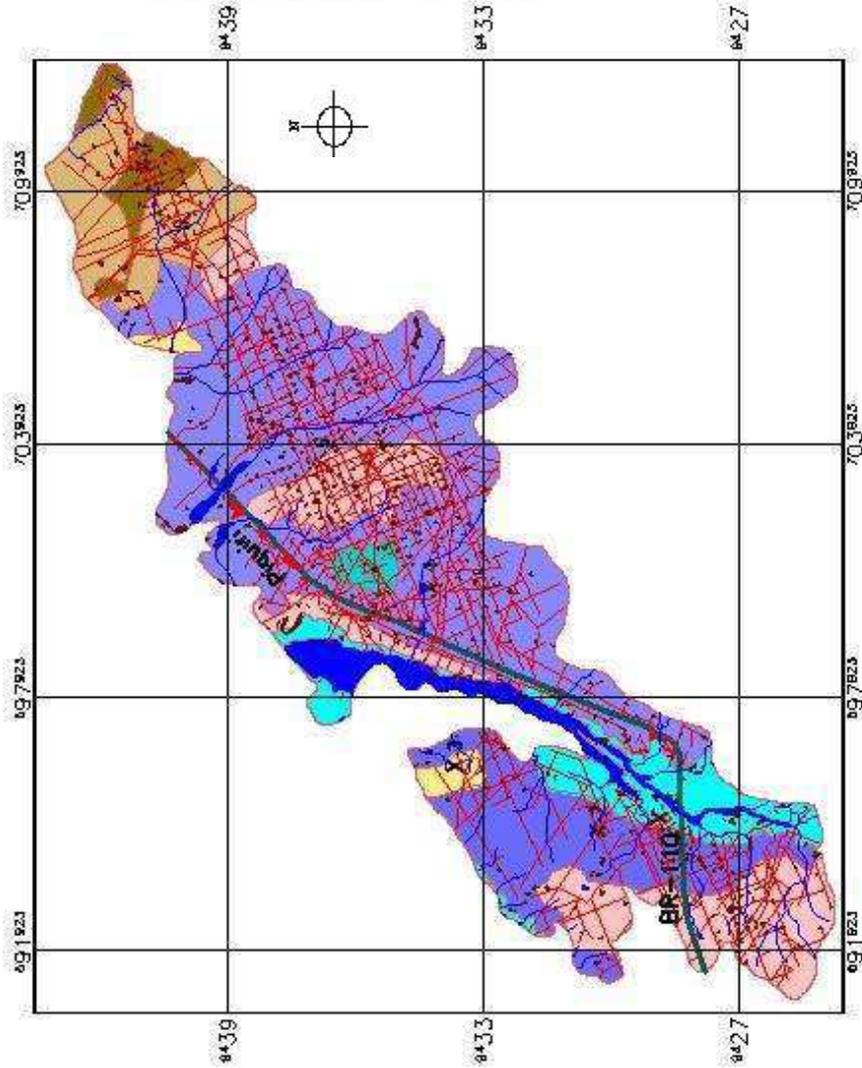
A Figura 6.42 mostra o mapa de solo, cuja legenda está baseada na classificação dos solos da EMBRAPA (1999) com a localização dos pontos onde foram coletadas as amostras de solo e realizados os ensaios de infiltração e a Figura 6.43 mostra a coleta de amostra de solo e o teste de infiltração de água.

A análise de risco de contaminação dos solos e do lençol freático por óleo em caso de desastre (por exemplo, derrame de óleo) foi baseada nos dados de Disponibilidade Total da Água (DTA)

A média dos valores de DTA foi igual a 1,41 mm/cm. Todos os solos com valor de DTA acima desta média (Tabela 6.5) foram considerados de risco alto a infiltração e armazenamento de óleo em caso de um derrame, sendo que o risco maior está associado ao solo Cambissolos Háplico (CX) + Neossolo Litólicos (RL), cujo DTA calculado foi igual a 2,65 mm/cm. Por terem alta capacidade de armazenamento, alto risco de infiltração, estes solos foram considerados de baixo risco de transmissão de óleo derramado ao lençol freático. Quando presente, a matéria orgânica retém de duas a três vezes o seu peso em líquido, aumentando assim a capacidade de infiltração e armazenamento (Salomão et al. 1995). Os solos com valor de DTA abaixo da média (solos de textura arenosa, porosos, altamente permeáveis que permitem uma rápida infiltração dos fluídos) foram considerados de risco médio a baixo ao armazenamento (retenção) de óleo em caso de um derrame sendo que o risco menor está associado ao solo Latossolos Vermelho Amarelo (LVA) cujo DTA foi igual a 0,58 mm/cm. Por terem alta permeabilidade (baixa capacidade de retenção de fluídos) estes solos foram considerados de alto risco de transmissão de óleo ao lençol freático.

Mapa Fotointerpretado das Unidades de Mapeamento de Sala

Campo Petrolífero do Canto do Amaro
Município de Massaró - RN



Trabalho desenvolvido no SPRING v 4.2
Projeção UTM - SAD 69

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Programa Institucional de Pós-graduação em Recursos Naturais
Dedicado em Recursos Naturais

Legenda

Unidades de Mapeamento

- FA+RL - Aquíferos Vermelho Amarelo + Neossolos Litólicos - 20,82 km²
- CA+RY - Cambissolos Hápticas + Neossolos Fluviás - 56,69 km²
- CA+RL - Cambissolos Hápticas + Neossolos Litólicos - 16,36 km²
- CA - Gleissolos Tormentosos - 1,84 km
- LVA - Latossolos Vermelho Amarelo - 3,85 km²
- LVA+RQ - Latossolos V. A + Neossolos Quartzonêmicos - 10,89 km²
- RY - Neossolos Fluviás - 11,17 km²
- RL - Neossolos Litólicos - 1,65 km²

Convenções

- Pavoados
- Estrada pavimentada
- Estradas não-pavimentadas e caminhos
- Corpos de água - rios, lagoas e açudes
- Póço de petróleo
- 1-1 - Pontos de teste de infiltração e amostragem

Bases de dados: Imagem TM/Landsat-7 216-63 de 05/06/1998; Imagem SPOT 728-360 de 07/05/1998; Imagem IKONOS de 17/07/2002; Fotos topográficas do SUDENE Arco Branco 524 e Massaró 687; Mapa Exploratório Reconhecimento de Salos do Estado do Rio Grande do Norte; Dados Bibliográficos e de campo

Autor: Antonio Costa Filho

Financiamento: CT-PETRO - Projeto Marisco - Rede 5

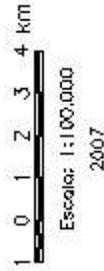


Figura - 6.42 - Mapa fotointerpretativo das unidades de mapeamento de solo. do campo petrolífero Canto do Amaro



Figura 6.43 – Ponto X-5 – Neossolos Litólicos. (A) Realização da coleta da amostra de solo com trado. (B) Ensaio de infiltração (Infiltrômetro de anel).

6.1.4.1 Risco de contaminação do lençol freático por infiltração de óleo

Os ensaios de infiltração de água e óleo nos 7 pontos amostrados tiveram uma duração média de aproximadamente 3 horas. O maior tempo de ensaio para água foi observado nos pontos X-1 (Neossolos Flúvicos - RU) e X-7 (Latosolos Vermelho Amarelo - LVA) que, para ambos, foi igual às 4h 20min. Para óleo o maior tempo foi verificado no ponto X-4 (Cambissolos Háplicos - CX + Neossolos Litólicos - RL) – 3h e 10 min. O menor tempo de ensaio para água foi no ponto X-6 (Latosolos Vermelho Amarelo - LVA + Neossolos Quartzarêmicos - RQ) – 2h e 30 min e para o óleo no ponto X-3 (Gleissolos Tiomórficos - GJ) – 1h e 50 min.

As capacidades máximas de infiltrações tomadas como média I (mm/h) em função do tempo de infiltração dos solos em estudos, foram determinadas através da construção das curvas de infiltração acumulada e de velocidade de infiltração através da plotagem dos dados de infiltração acumulada (mm) versus tempo (min) no Excel. As curvas estão apresentadas nos gráficos das Figuras 6.44 a 6.57.

As Tabelas de A.1 a A.13 encontra-se no Apêndice A, apresentam os valores do ensaio de infiltração acumulada (I) e a velocidade de infiltração aproximada (V_{Ia}) de água e óleo obtidos no campo e em laboratório. (Apêndice A)

As Figuras 6.44 a 6.57 apresentam os valores de infiltração acumulada (I) e velocidade de infiltração aproximada (V_{Ia}). Observa-se que, ao longo do teste, a (I) aumenta com o tempo e a (V_{Ia}) diminui até a estabilidade, valor este denominado VIB (velocidade de infiltração básica).

No ponto X-1 (Neossolos Flúvicos - RU) a VIB alcançou de 45 mm/h para água (velocidade muito alta), o que classifica a textura deste solo como arenosa. Para o óleo, devido a sua alta viscosidade a VIB foi de 3 mm/h, considerada baixa (Figuras 6.44 e 6.45).

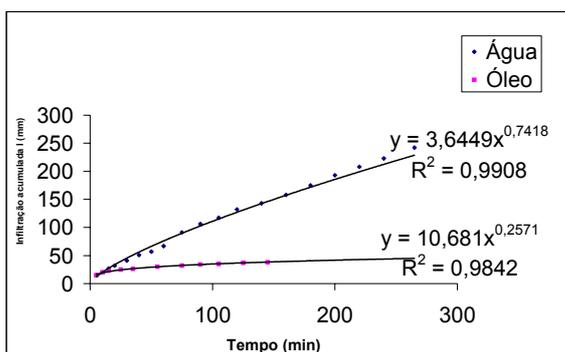


Figura 6.44 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Neossolos Flúvicos)

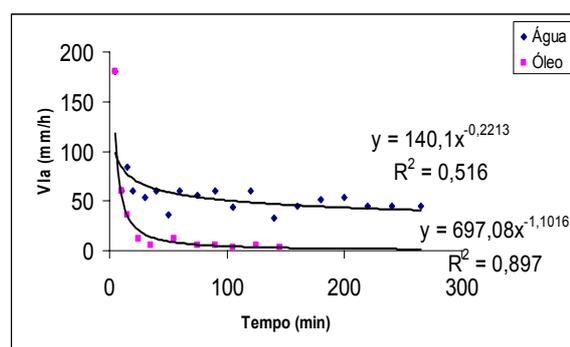


Figura 6.45 – Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Neossolos Flúvicos)

No ponto X-2 (Cambissolos Háplicos – CX + Neossolos Flúvicos - RU) o ensaio foi realizado somente para água por falta de combustível fóssil (óleo). Para este solo a VIB foi igual a 60 mm/h (velocidade muito alta) classificando sua textura como arenosa (Figuras 6.46 e 6.47).

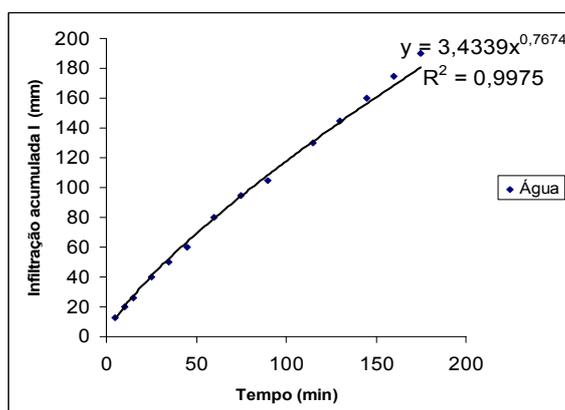


Figura 6.46 – Infiltração acumulada da água em função do tempo (Cambissolos Háplicos + Neossolos Flúvicos)

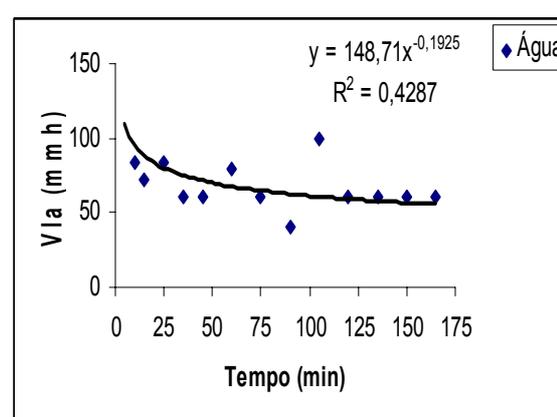


Figura 6.47 – Velocidade de infiltração da água em função do tempo (Cambissolos Háplicos + Neossolos Flúvicos)

No ponto X-3 (Gleissolos Tiomórficos - GJ) a VIB para água foi de 300 mm/h (velocidade muito alta), que mostra uma textura arenosa para este solo. Para o óleo a VIB foi igual a 4 mm/h (velocidade baixa) (Figuras 6.48 e 6.49).

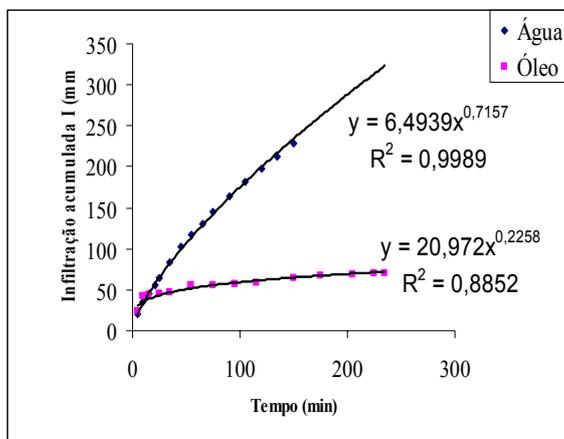


Figura 6.48 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Gleissolos Tiomórficos)

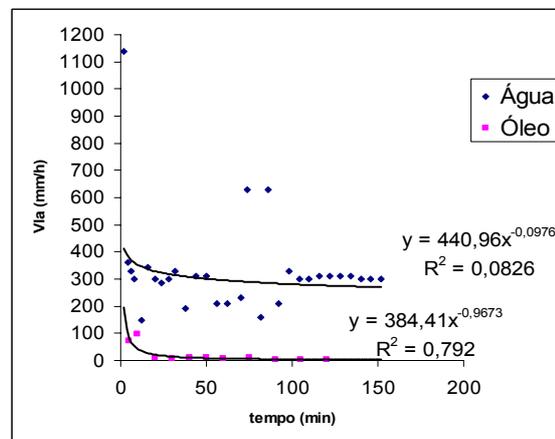


Figura 6.49 – Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Gleissolos Tiomórficos)

No ponto X-4 (Cambissolos Háplicos – CX + Neossolos Litólicos - RL) a VIB foi igual a 840 mm/h para água (velocidade muito alta) que mostra uma textura arenosa e de 6 mm/h para óleo, velocidade média (Figuras 6.50 e 6.51).

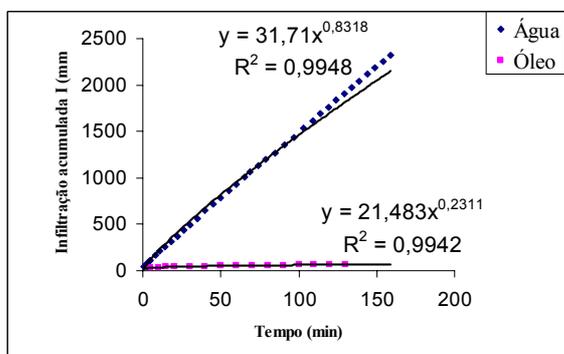


Figura 6.50 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Cambissolos Háplicos + Neossolos Litólicos)

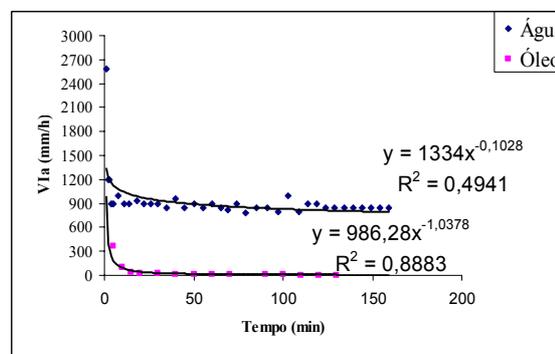


Figura 6.51 – Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Cambissolos Háplicos + Neossolos Litólicos)

Nas Figuras 6.52 e 6.53 são apresentados os gráficos da VIB para o ponto X-5 (Argissolos Vermelho Amarelo - PVA + Neossolos Litólicos - RL). Para a água a VIB foi de 30 mm/h (velocidade alta) que define uma textura Franco-arenosa e de 8 mm/h para o óleo (velocidade média).

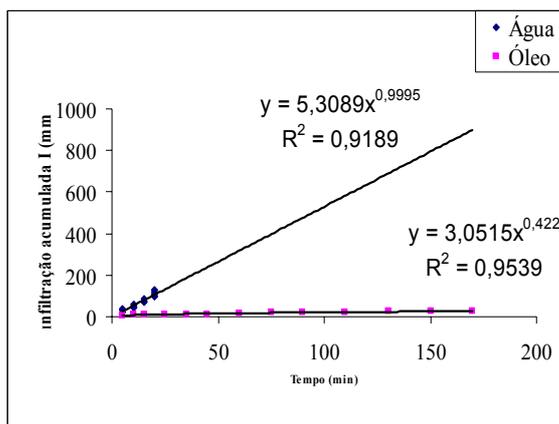


Figura 6.52 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Argissolos Vermelho Amarelo + Neossolos Litólicos)

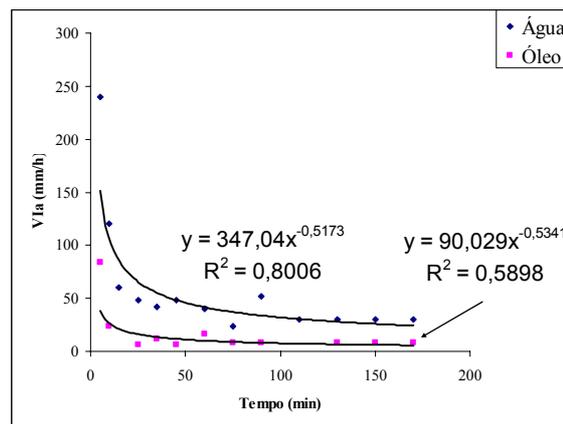


Figura 6.53 – Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Argissolos Vermelho Amarelo + Neossolos Litólicos)

Nas Figuras 6.54 e 6.55 são apresentados os gráficos do ponto X-6 (Latosolos Vermelho Amarelo - LVA + Neossolos Quartzarêmicos - RQ) onde se observa uma VIB muito alta que para a água chega a alcançar 900 mm/h. Para o óleo a VIB também é muito alta no valor de 60 mm/h. Tanto a VIB para a água como para o óleo definem a textura desses solos como arenosa.

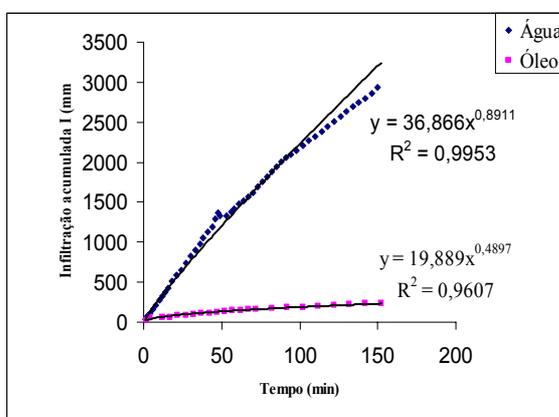


Figura 6.54 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Latosolos Vermelho Amarelo + Neossolos Quartzarêmicos)

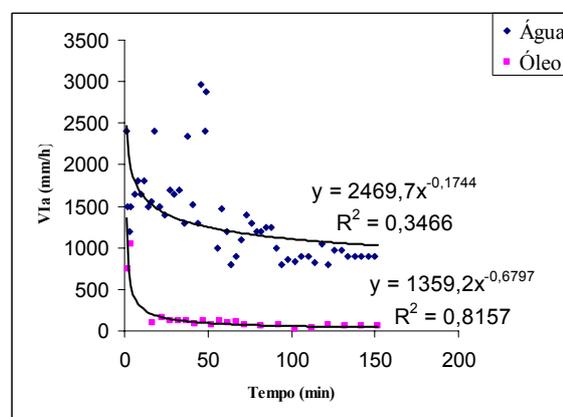


Figura 6.55 – Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Latosolos Vermelho Amarelo + Neossolos Quartzarêmicos)

Nas Figuras 6.56 e 6.57 são apresentados os gráficos da VIB para o ponto X-7 (Latosolos Vermelho Amarelo - LVA). Para a água a VIB alcança 420 mm/h considerada por Bernardo (2005) como muito alta o que define a textura deste solo como arenosa. Para o óleo a VIB foi de 8 mm/h, considerada média.

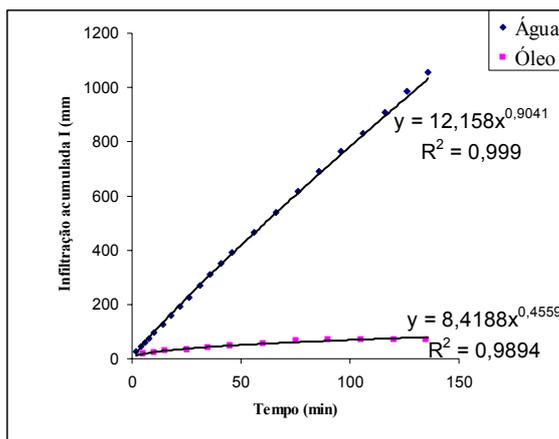


Figura 6.56 – Infiltração acumulada da água e óleo em função do tempo (Latosolos Vermelho Amarelo)

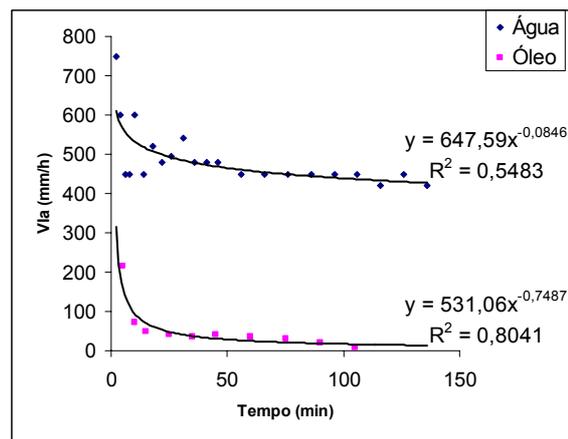


Figura 6.57 – Velocidade de infiltração aproximada da água e óleo em função do tempo (Latosolos Vermelho Amarelo)

Pela análise das VIB (Tabela 6.7) dos solos e com base nos critérios da classificação da textura dos solos de Bernardo (2005) na área do campo petrolífero de Canto do Amaro, o solo com maior risco frente a um derrame de óleo é o do ponto X-6, classificado como Latossolos Vermelho Amarelo (LVA) e o que apresenta o menor risco são os Neossolos Flúvicos (RU) no ponto X-1.

6.2 Vulnerabilidades no campo petrolífero Canto do Amaro

6.2.1 Diagnóstico socioeconômico e ambiental

A aplicação dos questionários do diagnóstico sócio-econômico se baseou na coleta de informações junto à população rural, que residem e desenvolvem suas atividades dentro dos limites do campo petrolífero Canto do Amaro, cujo modelo encontra-se no anexo (B). Apesar de a maioria ser de camponeses, a grande maioria não mora nos sítios e sim na Vila Piquiri, uma comunidade que se estende ao longo da BR 110, dividida em 4 comunidades: Piquiri I, II, III e IV, todas com a mesma característica de urbanização. A razão alegada pelas famílias para morarem na vila Piquiri e não nos sítios está relacionada com a falta de água e luz elétrica na zona rural. Como a maioria dos solos tem alta permeabilidade a aqüedagem praticamente não existe. Os dados das entrevistas permitiram levantar e analisar os fatores social, econômico, tecnológico e a seca e identificar algumas características da comunidade que são inerentes à construção social da degradação do meio ambiente e dos riscos

relacionados. Foram entrevistadas 35 famílias (10% do total de famílias que moram na área de estudo), com uma média de 5 pessoas por família.

Os dados dos questionários foram processados pelo Sistema de Cálculo de Vulnerabilidade (SISCAV) que determina os valores das vulnerabilidades: Social, Econômica, Tecnológica e à Seca.

6.2.1.1 Vulnerabilidade Social

A análise dos fatores que determinam a vulnerabilidade social mostrou o seguinte resultado:

- Escolaridade:

A escolaridade das famílias está representada na Figura 6.58, que mostra um índice de escolaridade muito baixo. O analfabetismo informal não foi levado em consideração nesta pesquisa.

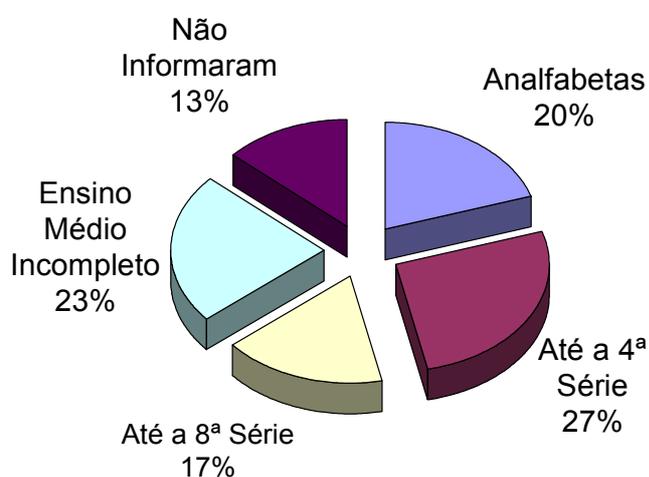


Figura 6.58 – Escolaridade das famílias

- Residência

Com relação à residência fixa, trinta e quatro famílias (97%) responderam que moram na área rural e 3% tem residência na cidade.

○ Habitação e consumo energético

Cerca de 60% das casas são de alvenaria em bom estado de conservação; 28,6% das casas são de taipa em bom estado e 11,7% são de taipa em mal estado de conservação. Segundo informação da população, muitas casas estão construídas em terras de terceiros, dos grandes proprietários de terra da região, e por esta razão as famílias que ocupam estas casas não podem construir poço, plantar alimentos e nem criar animais, para não caracterizar nem o vínculo empregatício e nem a posse da terra.

Em torno de 90% das famílias dispõem de energia elétrica e 10% não têm energia em casa. Com relação ao uso de energia para cozimento dos alimentos 14,5% usa fogão a lenha ou a carvão. 40% utilizam lenha/carvão/gás e 45,5% das famílias utilizam fogão a gás. (Figura 6.59 A e B).

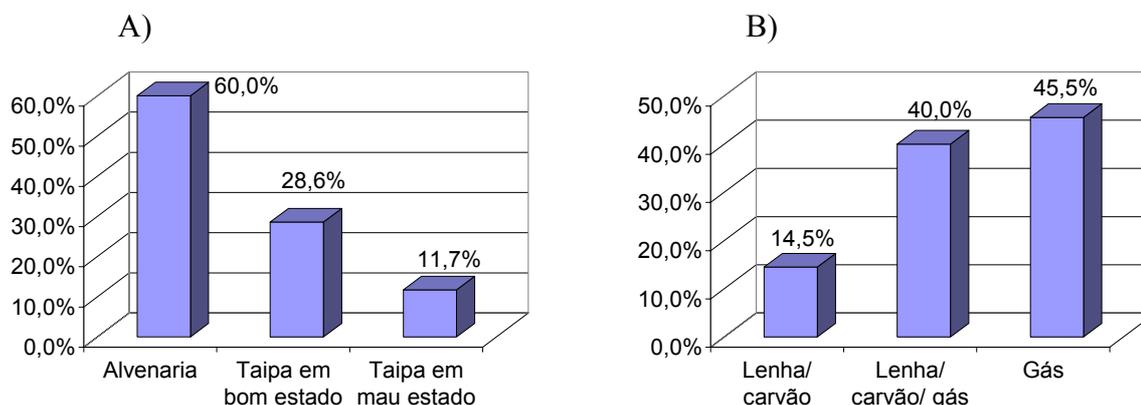


Figura 6.59 – Tipos de habitação (A) e Tipo de consumo de energia para cozimento (B)

○ Salubridade doméstica

Quanto à água consumida, as condições são preocupantes, pois 48,6% das pessoas ainda utilizam água não potável, o que acarreta riscos de contaminação e doenças. 51,4% das famílias utilizam água potável. As condições de saneamento básico são precárias e não existe rede de esgoto. 74% do esgoto são do tipo fossa e 26% das famílias citaram que a forma de eliminação de esgoto é livre (Figura 6.60 A e B), problema que ainda persiste em quase todas as zonas rurais deste país, e até mesmo em áreas urbanas, o que provoca doenças em crianças e adultos. A infestação de piolhos e fungos é média.

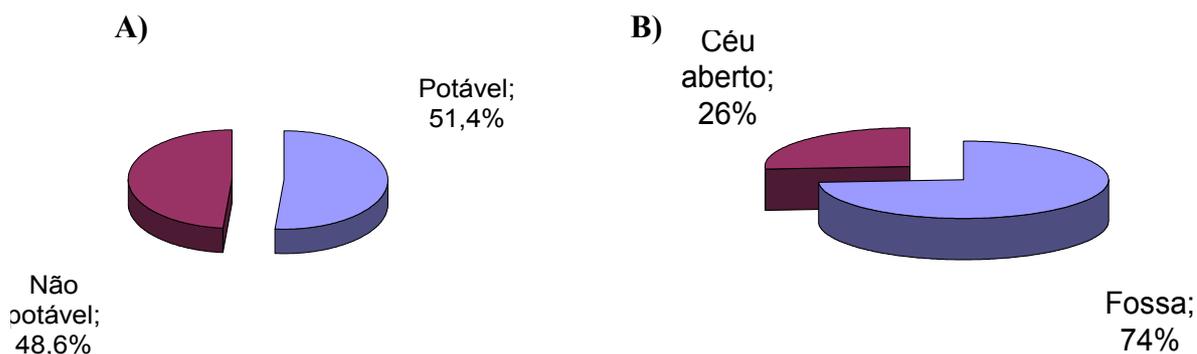


Figura 6.60 – Tipos de água consumida (A) e Tipo de saneamento utilizado (B)

A eliminação do lixo é preocupante, onde 72% das famílias citaram que o lixo é jogado livremente (a céu aberto) no meio ambiente, e queimado posteriormente. Essa queimada pode provocar um acidente de grandes proporções na dutovia da área, isto porque a comunidade não está esclarecida dos riscos que a cerca. Durante os trabalhos de campo se observou a queima de lixo junto a dutos de produção (Figura 6.61) Apenas 28% das pessoas enterram o lixo. (Figura 6.62 A).



Figura 6.61 - Queima de lixo junto a um duto de produção

Com relação ao tipo de piso, 88% das pessoas entrevistadas responderam que o piso da casa é de cimento, 6% responderam que o piso é de chão batido e 6% de cerâmica. 95% das casas têm cobertura de telha cerâmica (Figura 6.62 B).

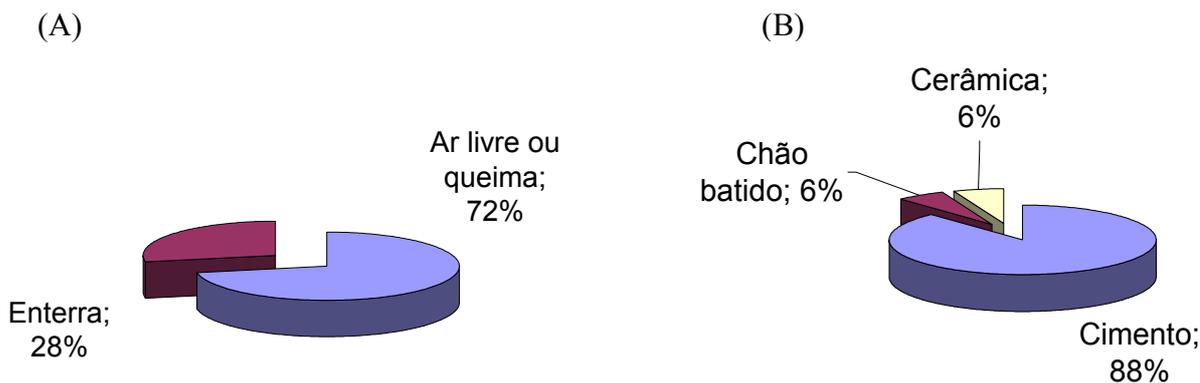


Figura 6.62 – Formas de eliminação do lixo utilizadas (A), Tipo de piso utilizado (B)

e) Salubridade rural

Na questão da variável salubridade rural as informações obtidas quanto à infestação de nematóides, cupins, piolhos e fungos são de média infestação. Quanto à infestação de formigas nos vegetais é alta. Na região as informações relativas às doenças vegetais, vermes/carrapato, mosca de chifre, doenças nos animais, febre aftosa e cólera, variam de inexistente a infestação média. O combate à praga na comunidade sempre é realizado pela maioria das famílias.

o Eletrodomésticos

Quanto ao uso de eletrodoméstico (Figura 6.63), 85% das famílias possuem geladeira, 89% televisão e 75% rádio e que 11% possuem vídeo cassete. Interessante observar que o número de televisores nas casas ultrapassou ao rádio.

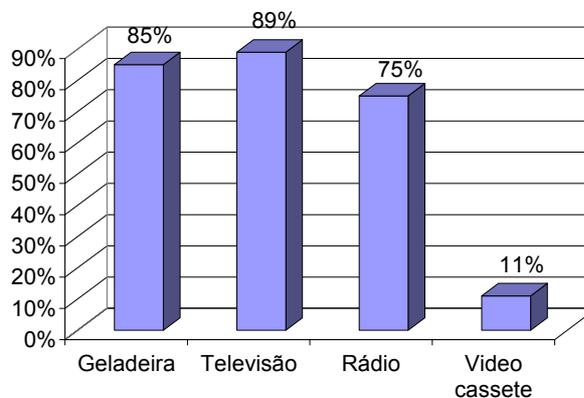


Figura 6.63 – Tipo de eletrodomésticos utilizados pelas famílias na comunidade rural Canto do Amaro, Município de Mossoró-RN

g) Participação em organizações

Quanto à variável participação em organização ativa nas tomadas de decisões para o bem estar da comunidade, 91% das famílias não participam de sindicatos e de associações, com apenas 9% participando de organização sindical.

h) Assistência à comunidade

Com relação à assistência da PETROBRÁS a comunidade da região, 85% das famílias entrevistadas responderam não receber nenhuma orientação quanto aos riscos e desastres que por ventura venha a acontecer no campo petrolífero. Quanto à manutenção das creches, escolas e assistência social não recebem nenhuma ajuda da referida indústria petrolífera. Segundo informação da população local a Petrobrás disponibiliza água para algumas residências, mas a água é de baixa qualidade, com cheiro de óleo, e que precisam deixar alguns dias a água “descansando” para poder ser utilizada. A porção da população que recebe esta água está proibida de usá-la para irrigação, caso contrário o serviço pode ser cortado.

A Vulnerabilidade Social definida para a população da região foi igual 35,0% (Figura 6.64), ou seja, a população residente na área do campo petrolífero Canto do Amaro composto por camponeses sem terra empregada nas grandes propriedades rurais e por pequenos proprietários rurais caracteriza-se pela baixa escolaridade, pela precariedade das moradias (Figura 6.65), pelas formas de organizações da comunidade, pela precariedade da organização do espaço geográfico, pelo pequeno tamanho de suas propriedades (quando possuem), pela água não potável para o consumo humano, pela falta do saneamento básico, pelo baixo consumo de proteínas, pela eliminação do lixo a céu aberto (Figura 6.66) o que compromete e potencializa o alto grau de vulnerabilidade social da região. Cabe ressaltar que muitos poucos habitantes locais são aproveitados, como mão de obras pela PETROBRÁS e suas prestadoras de serviço, pela baixa escolaridade e falta de especialização.

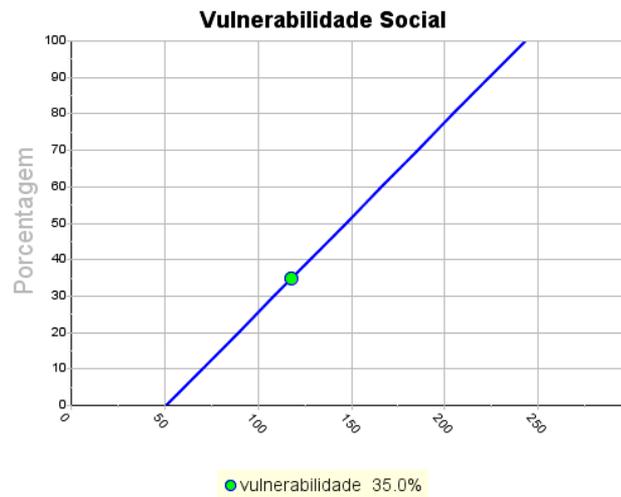


Figura 6.64 – Vulnerabilidade Social

(A)



(B)



Figura 6.65 – (A) Aspecto da população e das Moradias (B) Aspecto do interior das moradias



Figura 6.66 – Lixo a céu aberto e casas de taipa

6.2 1.2 Vulnerabilidade Econômica

O panorama da vulnerabilidade econômica analisada demonstra a precariedade da vida da população local, o abandono em que se encontra pela falta de política pública para o desenvolvimento ambientalmente sustentável. Para sobreviver às famílias exploram culturas de auto-consumo como milho e feijão (32%), 18% somente exploram feijão e o restante não respondeu. A grande maioria da população no inverno pratica a pesca para o consumo próprio. Uma ínfima porcentagem possui precários estabelecimentos, como pontos de vendas (bodegas) e restaurantes caseiros, que têm como comensais aqueles funcionários das firmas prestadoras de serviço à PETROBRÁS.

a) Animais de produção e criação

A maioria das famílias, não dispõe de animais de trabalho como: boi, cavalo, mulas e jumentos, para suas atividades domésticas.

No quesito criação de animais 75% das famílias não possui criação. Dos 25% restantes, 58% criam aves; 23% - bovinos; 23% - ovinos; 17% - suínos; 11% - caprinos (leiteiros); 9% caprino-ovinos e 9% pescam para comercialização (Figura 6.67).

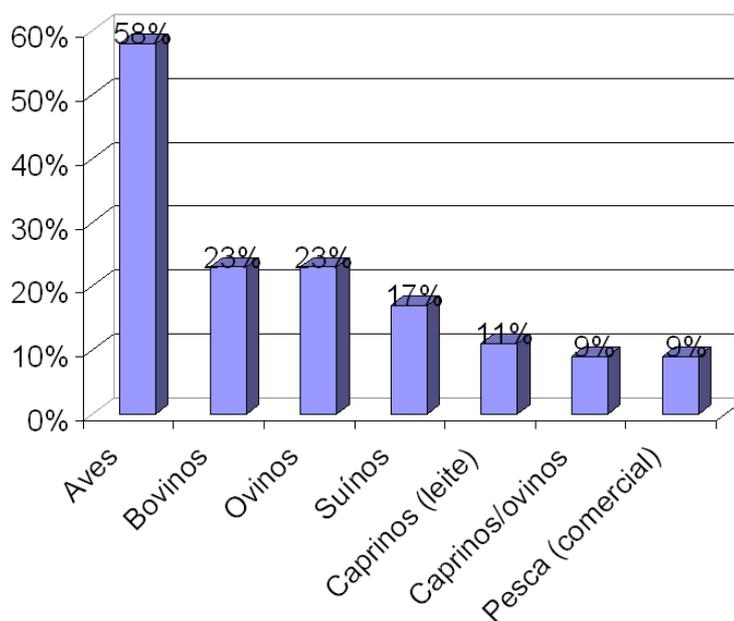


Figura 6.67 – Animais de Produção citados pelas famílias na zona rural

b) Produção, verticalização e comercialização

Como matéria prima processado-melhorada na propriedade, 51% das famílias respondeu o feijão e milho. Com relação à venda da produção agrícola, pecuária e verticalização, 70% dos entrevistados não comercializam a produção, pois o que produzem não é suficiente para o seu próprio consumo, e as demais não informaram.

c) Crédito

No tocante à fonte principal de crédito, os resultados da pesquisa evidenciaram que 80% das famílias não fazem transações bancárias, 10% citaram as cooperativas e 10% afirmaram realizar este tipo de relação com banco oficial, através do PRONAF.

d) Renda e programas sociais

As 54,5% das famílias não informaram a renda familiar e/ou não a possuem. Algumas famílias mencionaram que vivem de programas sociais como: aposentadoria, bolsa alimentação, vale gás, fome zero e outros. Já 66% das famílias não recebem bolsa escola.

A Vulnerabilidade Econômica da população que vive na região do campo petrolífero Canto do Amaro (Figura 6.68) foi de 90%. Este valor é considerado muito alto e inaceitável, e mostra o alto grau de insegurança desta população e o abandono em que se encontra. Esta cifra mostra um quadro de extrema pobreza desta população. Pode-se dizer que esta é uma população invisível e marginalizada pela riqueza econômica da região, ou seja, excluída. A exploração do petróleo na região não trouxe nenhum benefício a esta população. Como não são donos das terras em que vivem, portanto não fazem parte daqueles que recebem royalties, que são os grandes proprietários. Das 350 famílias que moram na região, somente 52 delas (15%) têm participação nos royalties, que são os assentados do assentamento Vermelho. Esta extrema vulnerabilidade desta população é reflexo da falta de políticas públicas para o desenvolvimento ambientalmente sustentável, que promove a inclusão social, permitindo assim que estas pessoas de fato possam exercer a cidadania e ser consideradas cidadãos do Brasil.

O nível de educação na escola da comunidade é muito baixo, não havendo disciplinas contextuais nem no ensino básico e nem no médio. O período de residências de 84% das famílias na área é superior a cinco anos.



Figura 6.68 – Fator de Vulnerabilidade Econômica

6.2.1.3 Vulnerabilidade Tecnológica

A análise da vulnerabilidade tecnológica mostrou que 50% das famílias se dizem proprietárias de terra. 100% dessas propriedades são menores que 50 ha. e que em 80% delas o aproveitamento é menor que 50%. 100% das famílias não usam irrigação e não tem assistência técnica disponível.

No total, 100% dos proprietários não usam biocidas; 89% não usam adubação/calagem e apenas 11% utilizam adubos orgânicos. Em termos de implementos agrícolas, 90% dos proprietários utilizam técnicas rudimentares e apenas 10% usam máquinas agrícolas. 100% dos entrevistados não possuem equipamentos adequados para transformação de matéria prima.

Outro fator importante que foi observado é quanto à utilização do solo, 34% das famílias entrevistadas ainda utilizam a terra segundo o declive e 66% utilizam em nível.

Os questionários mostraram que esta população não tem uma percepção correta do meio ambiente, pois segundo ela na área não ocorrem conflitos ambientais.

A Vulnerabilidade Tecnológica igual a 77,0% (Figura 6.69) é considerada muito alta de acordo com as classes propostas por Barbosa (1997). Ela esta relacionada com o elevado

índice de pobreza das famílias e com a falta de políticas públicas adequadas para a região, que é muito rica em Petróleo/gás e sal, e caracteriza o abandono do homem rural a sua própria sorte. A pesquisa de campo revelou um total desinteresse das empresas do setor pelo homem do campo.

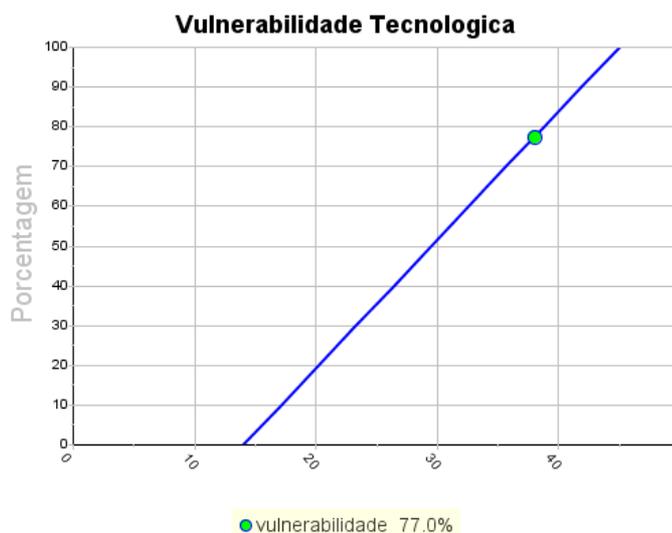


Figura 6.69 – Fator de Vulnerabilidade Tecnológica

6.2.1.4 Vulnerabilidade à Seca

Como mitigação dos efeitos da seca, 51% das famílias faz armazenamento de água por cisternas, 26% em caixa d'água e 23% dos entrevistados não fazem qualquer tipo de armazenamento de água. Em época de chuva, 75% das famílias fazem captação das águas de chuvas (dos telhados). 68% não possuem fonte de água, 20% das famílias utilizam cacimbas e 12% fazem captação de água de poço tubular (Figura 6.70 A e B).

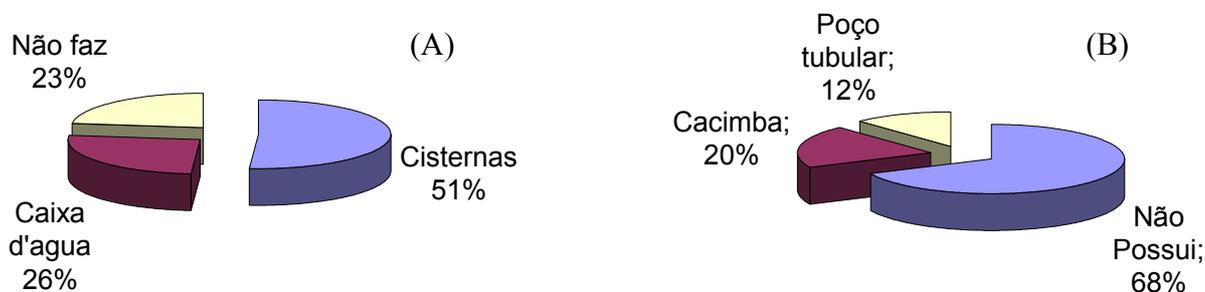


Figura 6.70 – Formas de armazenamento de água (A) Fontes de água utilizadas (B) pelas famílias da comunidade rural Canto do Amaro, Município de Mossoró-RN.

a) Abastecimento

Quanto ao abastecimento domiciliar, 66% das famílias são servidas por carros pipa, 20% são abastecidas por água do chafariz, 12% por latas, 2% por animais (Figura 6.71). 100% das famílias não fazem racionamento de água e quanto ao aproveitamento das águas residuais, 95% das famílias responderam que não aproveitam.

b) Mitigação das secas

Em relação à variável produção durante os períodos de estiagem as famílias citaram que não recebem orientação técnica para as secas. Quanto à agricultura de sequeiro, 79% não pratica; 12% a praticam regularmente e 9% exploram esporadicamente (Figura 6.72).

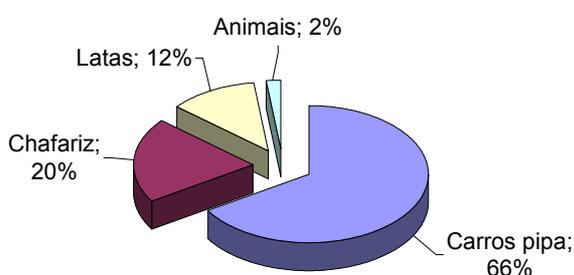


Figura 6.71 – Formas de abastecimento domiciliar da comunidade rural

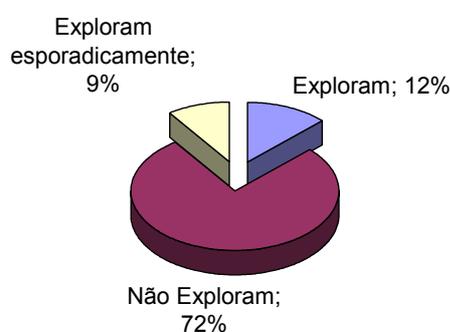


Figura 6.72 – Agricultura de sequeiro na comunidade rural

c) Manejo da caatinga

O universo de 100% das famílias não faz manejo de caatinga na exploração de espécies nativas, e 95% não fazem armazenamento de alimentos e redução do rebanho.

d) Prognóstico climático

As previsões de chuvas na região são feitas de modo empírico, pela experiência dos agricultores rurais, e a maioria não acredita e/ou não observa as previsões climáticas oficiais.

A Vulnerabilidade à Seca foi igual a 63,0% (Figura 6.73) considerada muito alta. Este valor alto é proveniente de um deficiente abastecimento da comunidade, e da falta de assistência técnica. A população residente no campo petrolífero do Canto do Amaro e no seu entorno possui um nível de qualidade de vida muito baixo, o que caracteriza praticamente

uma exclusão social total, conseqüente de um meio ambiente fragilizado pela construção social dos riscos, o que deixa esta população vulnerável às mudanças climáticas e que por falta de uma infra-estrutura adequada para a convivência com a seca, esta população vem ao longo dos anos acumulando prejuízos pela perda da produção agrícola.

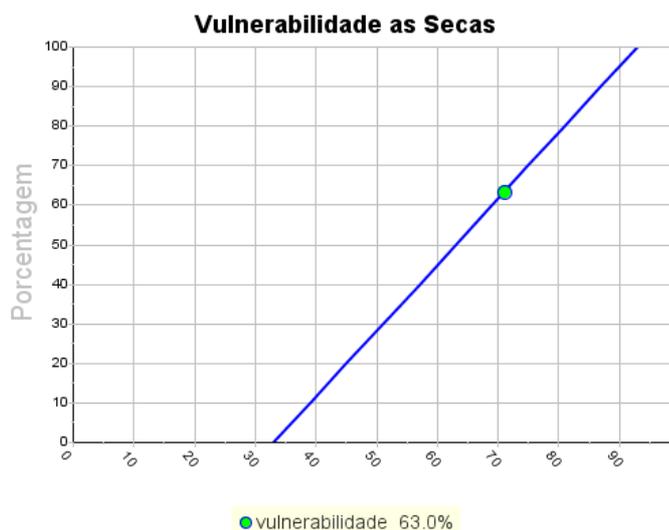


Figura 6.73 – Fator de Vulnerabilidade as Secas

A vulnerabilidade global da população que vive no campo petrolífero de Canto do Amaro e entorno mostra uma cifra muito alta igual a 66%. Este valor é indicativo das condições de extrema pobreza dessa população, que necessita urgentemente de assistência social e econômica, como melhoria das residências e até mesmo a construção de outras dentro das normas de técnicas, melhoria das escolas, do abastecimento de água, e criação de emprego e renda, dentre outras, providências urgentes.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 Conclusões

- ✓ O principal agente degradador das terras tem sido a exploração petrolífera. Áreas de onde foi retirado o solo como materiais de empréstimo não foram recuperados, e hoje representam um estágio avançado do processo da desertificação.
- ✓ Os níveis de degradação das terras encontradas neste trabalho foram moderados, grave e muito grave, e deve ser dada uma especial atenção para o traçado de estratégias de recuperação destas áreas e de proteção do meio ambiente, que possibilite a exploração dos recursos naturais de modo sustentável, com diminuição dos riscos.
- ✓ A imagem IKONOS mostrou-se ser uma importante ferramenta no estudo da erosão costeira de parte da margem direita do estuário dos rios Apodi/Mossoró, que tem como catalisador as estruturas de exploração de óleo dentro dos limites do estuário.
- ✓ O processo de degradação das terras observado na área de estudo, envolve não somente as questões da mudança climática global e geológica é também resultado das atividades humanas na região, como a exploração do petróleo, a do sal e das atividades agropastoris.

- ✓ O estudo dos riscos de contaminação do lençol freático por infiltração de óleo, nos solos em caso de derrame mostrou que o solo Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) com DTA igual a 0,58 mm/cm é de alto risco de transmissão de óleo ao lençol freático e que o solo Cambissolo Háplico (CX) + Neossolo Litólico (RL), cujo DTA calculado foi igual a 2,65 mm/cm foram considerados de baixo risco de transmissão de óleo derramado ao lençol freático.
- ✓ Com relação à infiltração acumulada (I) e a velocidade de infiltração básica (VIB) da água e óleo apresentaram valores significativos. Os resultados dos testes mostraram que VIB do solo com maior risco frente a um derrame de óleo é o solo Latossolos Vermelho Amarelo (LVA) e o que apresentou menor risco são os solos Neossolos Flúvicos (RU).
- ✓ Quanto à estrutura de exploração de óleo, o estudo concluiu que as normas de segurança não estão sendo corretamente observadas, pois falta proteção dos poços, permitindo o fácil acesso de pessoas e animais a eles; a falta de conservação e de sinalização adequada tem proporcionado acidentes, conforme relatos locais.
- ✓ A degradação das terras está se processando em níveis elevados desde o moderado até o muito grave, e durante os trabalhos de campo não foi verificado nenhum trabalho de recuperação das áreas degradadas, excetuando a área do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas – convênio PETROBRÁS-UFRN-CEMAD, que se encontra abandonado.
- ✓ A falta de políticas públicas para o desenvolvimento ambientalmente sustentável, com diminuição dos riscos, fica evidenciada pela falta de medidas concretas e eficazes que garantam os meios de vida adequados à população local, que assegure a capacidade produtiva e a melhoria das condições de vida.
- ✓ As vulnerabilidades social, econômica, tecnológica e à seca mostraram uma vulnerabilidade global muito alta, considerada inaceitável, o que mostra a extrema pobreza da população local, que se traduz pela falta de políticas públicas, pela baixa escolaridade, pela precariedade das moradias, pela baixa renda familiar; pelo

deficiente serviço de abastecimento da água para o consumo humano e animal; pela falta do saneamento básico; mudanças climáticas responsáveis por baixas precipitações provocando prejuízo a agricultura familiar.

- ✓ A riqueza dada pela exploração do petróleo e do sal não trouxe nenhum benefício social e econômico à população pobre da região, que continuam excluídos e invisíveis à sociedade.

7.2 Recomendações

- ✓ Há necessidade de a PETROBRÁS, juntamente com o poder público local, aplicar de forma mais agressiva as diretrizes de segurança, meio ambiente e saúde, definidas em sua POLÍTICA DE SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE, para melhorar as condições de segurança da infra-estrutura exploratória do campo Canto do Amaro, que venham diminuir as vulnerabilidades desta infra-estrutura e as condições de riscos.
- ✓ Com relação aos processos de degradação das terras faz-se necessário que medidas mitigadoras sejam implantadas urgentemente, pois o processo está avançando, colocando em risco não somente as atividades agropecuárias da região, mas a própria infra-estrutura de exploração.
- ✓ Há uma necessidade de se ter um trabalho maior com a população local em termos de educação ambiental e do uso sustentável dos recursos naturais, para evitar a exploração indiscriminada destes, tanto dos solos como da vegetação, sem um manejo adequado, pois algumas das áreas dentro do território do campo Canto do Amaro, encontram-se desertificadas devido à retirada dos solos, como material de construção, sem haver a recuperação devida do meio ambiente. Se não houver um controle destas áreas a tendência é que elas se expandam.
- ✓ Estudos dos impactos sobre o meio ambiente e social sobre a comunidade, onde se insere as empresas, devem ser executados. A utilização do petróleo traz grandes riscos para o meio ambiente e social desde o processo de extração, transporte, refino,

até o consumo, com a produção de gases que poluem a atmosfera. Os piores danos acontecem durante o transporte de combustíveis, com vazamentos em grande escala de oleodutos/gasodutos. Os danos provocam grandes prejuízos às empresas, mas principalmente aos ecossistemas e as comunidades locais.

- ✓ Análise de riscos para a comunidade e o meio ambiente deve ser executada em cada fase do ciclo da atividade de uma instalação industrial, com diagnóstico das possíveis falhas operacionais que possam ocorrer, para que sejam adotadas medidas preventivas dos possíveis danos ambientais, sociais e econômicos e ao parque industrial local.

- ✓ Há necessidade de se desenvolver um trabalho de capacitação da população local em termos da prevenção de desastre e da educação ambiental e do uso sustentável dos recursos naturais, para evitar a exploração indiscriminada destes.

- ✓ Implantação de um sistema de alerta, com o desenvolvimento de um programa permanente para a população local em termos de segurança, e das atividades pré, durante e pós-desastres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Bacia Potiguar**. 2003. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round5/round5/potiguar.asp>>. Acesso em: 01 out. 2006.

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (1992) Rio de Janeiro**. Brasília: Senado Federal – Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 20 mar. 2006.

ANJOS, S. M. C.; SOUZA, R. S.; SOMBRA, C. L.; SCUTA, M. S. **Evidência de atividade vulcânica na base da Formação Pendência, bacia Potiguar emersa**. Boletim de Geociências da Petrobras, 4 (4): 555-558, 1990.

ANTUNES, A. M. de S. **Análise de risco ambiental em atividade Offshore de exploração (perfuração) e produção de petróleo**. ABEQ. Boletim Informativo n°. 156 – maio 2006. Disponível em: <<http://www.abeg.org.br/boletins/boletim.info156.htm>>. Acesso em: 01 dez 2006

ARARIPE, P. T.; FEIJÓ, J. F. **Bacia Potiguar**. Bol. Geoc. Petrobras, 1994. 8 (1): 127-147.

ASP – AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. **Manual of Remote Sensing**. v. 2. Falls Church, Va. USA: Keuffel & Esser, 1974.

AWAZU, L. A. M. **Análise, Avaliação e Gerenciamento de Riscos no Processo de Avaliação de Impactos Ambientais**. (Tópico 3200). *In*: Manual de Avaliação de Impactos Ambientais. Curitiba, PR: SUREMA/GTZ, 1993.

BARBOSA, M. P. **Sensoriamento Remoto – Princípios Físicos. Introdução - Conceitos Básicos**. Campina Grande – PB: Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba, 2003a. 51p (Apostilha)

_____, M. P. **Sensoriamento Remoto – Comportamento Espectral dos Alvos**. Módulo 4. ABEAS. Programa de suporte técnico à Gestão de recursos hídricos. Curso de Especialização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas. UFPB/CCT/DEAg. Campina Grande – PB. 1997a. 21p

_____, M. P. **Vulnerabilidade de risco a desastre**. Campina Grande- PB: Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba. 1997b. 87p. (Apostilha).

_____, M. P. **Geoprocessamento Aplicado à Degradação das Terras**. [mensagem pessoal] Mensagem Recebida por <marx@deag.ufcg.edu.br> em 4 ago. 2006.

_____, M. P.; GARCIA, F. P.; SUAVÉ, J. P.; **SISCAV – Sistema de Cálculo de Vulnerabilidades**. Apoio IAI/LARED e CNPq. Campina Grande, UFCG, 2003b. Disponível em: <<http://150.165.79.19:8080/SISCAV/index.jsp>>. Acesso em: 04 ago. 2006.

_____. **M. P. Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo dos Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Apostila. Campina Grande: UFPB/CCT/DEAG, 2000. 68 p.

_____, Marx Prestes; SANTOS, Maria José dos. **SIG e os Desastres Naturais. Uma experiência na região de Sumé, Estado da Paraíba, Brasil.** In: MASKREY, Andrew (ed.). **Navegando entre brumas – La Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al Análisis de Riesgo en América Latina.** Lima: LA RED/ITDG, 1998. cap. 13, p. 127-344.

BARBOSA, M. N.; CUNHA, R. P. **Sensoriamento Remoto, a Terra Vista do Espaço.** Revista Brasileira de Tecnologia. 18(4)39-46. Brasília, Brasil: MCT/CNPq, 1987.

BARRET, E. C.; CURTIS, L. F. **Introduction to Environmental Remote Sensing.** London: Chapman and Hall, 1976.

BARROS, M. A. **Sistemas de Informações Geográficas.** Apostila. Campina Grande: CCT/UFPB. 1999.

BENDER, S.; BELLO, E. **GIS applications for natural hazard management in Latin America and the Caribbean.** Washington D.C.: Department of Regional Development, Organization of American States, 1993.

BERNARDO, S. **Água No Solo.** 2 ed. Viçosa: UFV, 1980. 28p. (BOLETIM DE EXTENSÃO Nº 01)

BERNARDO, S. ; SOARES, A.A. ; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação.** 7. ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 611p. :il.

BERTANI, R. T.; COSTA, I. G.; MATOS, R. M. D. **Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e “habitat” do petróleo na Bacia Potiguar.** In: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J., (eds.), **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares.** Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1990, pp. 291-310.

_____; ARARIPE, P. T.; BETRAMI, C. V. **Evolução Tectonosedimentar das Bacias Sedimentares do Ceará e Potiguar.** v. 1. Serie de Textos Didáticos-UFPE. Recife, 1985. p.34-35.

BEZERRA, O. **Introdução a Geologia Ambiental – UFC Tema 02 – Riscos geológicos e Atmosféricos.** Disponível em: <<http://www.geologiaambientalufc.hpg.ig.com.br/riscos.html>>. Acesso em: 12 dez 2006.

BICALHO, F. de C. **Riscos e vulnerabilidades em transporte por dutos. O caso de abastecimento de petróleo e derivados.** 2004. Disponível em: <http://www.Disaster-info.net/lidereas/portugues/04/apresentacoes/alunos/Edwin_tochtron/risco.doc>. Acesso em: 12 dez. 2006.

BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. **Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres.** Colombia: ITDG/LA RED, 1996.

BLITZKOW, D. **Posicionamento Geodésico por Satélites (GPS).** São Paulo: Universidade de São Paulo, Ago. 1998. 31p.

BOLT, B. A; HORN, W. L; MACDONALD, G. A & SCOTT, R. F. **Geological Hazards.** Berlin: Springer-Verlag. 1975

BORGES, U. da N.; TEÓDULO, J. M. R.; PACHECO, A. P. **Gestão ambiental nos Campos de Extração de Óleo e Gás do Canto do Amaro e Alto da Pedra no Município de Mossoró-RN utilizando Geoprocessamento**. COBRAC – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis: UFSC, 15-19 out. 2006. Disponível em: <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2006/221.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2007. p. 11.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia – Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**., Folhas SB – 24/25, Jaguaribe/Natal; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 1971. 744p.

_____. **IBGE – Censo Demográfico 2000**. Rio de Janeiro: 2001.

_____. **IBGE – Mapa das Microrregiões Homogêneas do Rio Grande do Norte**, 1996.

_____. (Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal). **Diretrizes para a política nacional de controle da desertificação**. Brasília, DF: MMA; Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; Fundação Grupo Esquel Brasil, 1998b. 40 p. (**Projeto BRA 93/036. Plano Nacional de Combate à Desertificação, 1977**).

_____. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Rio de Janeiro: 1971.

CÂMARA G., MEDEIROS J. S. Princípios Básicos em Geoprocessamento. *In*: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (eds.). **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. Brasília, DF: 1998. p. 3-11.

CÂMARA, G; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de sistemas de informações geográficas**. IV Escala de computação. Campinas: Unicamp, 1996, 93 p.

CÂNDIDO, H. G. **Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó paraibano**. (Dissertação de Mestrado). Campina Grande: UFPB, 2000. 105p.

CARDONA, O. D. **La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: una crítica y una revisión necesaria para la gestión**. Bogotá: CEDERI, jun. 2001.

_____. **Variables involucradas en el manejo de riesgos: aspectos técnicos-científicos, sociales y políticos**. año 4. n. 6. Lima: Desastres & Sociedad, ene./jun. 1996. p. 79-102.

_____. **Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo**. *In*: MASKREY, A. (ed.). Los desastres no son naturales. Colombia: LA RED; ITDG, 1993. p. 51-74.

CARLEIAL, A. B. **A Contagem Regressiva do Satélite Nacional**. Revista Brasileira de Tecnologia. 18(4)50-55. Brasília, Brasil: MCT/CNPq, 1987.

CASTRO, A. F.; AMARO, V. E.; VITAL, H. **Confecção e elaboração de mapas temporais de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo nas áreas de Galinhos e Guamaré, RN, Brasil**. Pós-Graduação em geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal: Petrorisco-RN. 004, 2005.

CASTRO, L. O. da C. O. **Estudo preliminar da ocorrência de gás sulfídrico na Bacia Potiguar – Nordeste do Brasil**. Bol. Geoci. PETROBRÁS, Rio de Janeiro: abr/dez, 1995. 9 (2/4): 265 – 276,

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe); BID (Banco Interamericano de Desarrollo). **Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres**. Disponível em: <http://www.iadb.org/sds/ENV/publication/publication_2530_2168_s.htm>. Acesso em: 16 out. 2005.

CERRI, L.E.S. & AMARAL, C.P. **Riscos geológicos**. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 18, p. 301-310.

CETESB. **Gerenciamento de Risco**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 nov. 2006.

CHARDON, A. C. **La percepción del riesgo y los factores socioculturales de vulnerabilidad**. Revista Desastres & sociedad: La RED. año 5. n. 8. ene./dic. 1997. p. 11-34.

COLWELL, R. N. **Analysis of Remote Sensing Data for Evaluating Forest and Range Resources**. School of Forestry and Conservation. University of California, 1969.

CORTEZ, H. **Riscos Ambientais Urbanos. Publicado na Revista Mais Brasil**, novembro/2003. Disponível em: <<http://www.camaradecultura.org/riscos-urbanos.pdf>>. Acesso em: 10 jan 2007.

COSTA, A. F. G. da. **Guia para elaboração de monografias – relatórios de pesquisa: trabalhos acadêmicos, trabalhos de iniciação científica, dissertações, teses e editoração de livros**. 3. ed. rev. e aum. – Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 183 p.

COUTINHO, A. C. **Segmentação e Classificação de Imagens Landsat-Tm para Mapeamento dos Usos da Terra na Região de Campinas, SP**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: USP/DEGIB, 1997. 159 p.

CUTTER, S. L. **Respuestas sociales a los riesgos ambientales**. Disponível em: <<http://www.poam.org/articulos-estudios/fenomenos/respuestas.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2001. In: ABREU, A. F. de. **O Desastre Seca X Políticas Públicas: O Semi-Árido Paraibano: um estudo de caso**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Campina Grande: UFCG, 2004.

DILÃO, Rui. **GPS: (Global Positioning System). (Sistema de Posicionamento Global)**. Grupo de Dinâmica Não-Linear, IST. Disponível em: <<https://sd.ist.utl.pt/Awareness/gps.htm>>. Acesso em: 18 dez. 2006.

DNPM – Sede/DNPM – 4º Distrito/UFRN/ PETROBRÁS/CRM. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte**. 1998.

DUQUE, G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 3ª ed. (Coleção Mossoroense, 143). Mossoró: 1980. 316p.

EGLER, C. A. G. **Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à Zona Costeira Brasileira**. 1997. Disponível em: <<http://www.laget.igeo.ufrj.br/egler/pdf/RISCO.PDF>>. Acesso em: 18 dez 2007.

EIRD (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres). **Los desastres naturales y el desarrollo sostenible: considerando los vínculos entre el desarrollo, el medio ambiente y los desastres naturales**. (Documento base n. 5). Disponível em: <<http://www.eird.org/esp/varios/documento5.htm>>. Acesso em: 9 ago. 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos – Brasília**. XXVI. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412p: il. CDD 631.44.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África (CCD) – Folheto explicativo** Disponível em: <<http://www.fao.org/desertification/default.asp?lang=sp>>. Acesso em: 11 out. 2005.

FATOR GIS. **O que são geotecnologias?** Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br>>. Acesso em: 14 dez. 2006.

FENDRICH, R. OBLADEN, N. L.; AISSÉ, M. M.; GARCIAIS, C. M. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4 ed. Curitiba: Champagnat, 1997. 468p.

FIGUEIRA, E. **Curso Bases Cartográficas para GIS. Uma abordagem cartográfica, do ponto de vista do usuário de GIS**. EXPO GEO BRASIL 99 EspaçoGEO Divisão de Geotecnologias. Disponível em: <<http://www.espacogeo.com.br>>. Acesso em: 19 dez 2006

FONTES, S. B. **Mapeamento geotécnico com ênfase em erosões no município de Ouro Preto – MG**. Escala 1:5.000. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). São Carlos, 1999. EESC – USP.

FONSECA, L. M. G. **Processamento Digital de Imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Publicação eletrônica. São José dos Campos: 2000.

GAREIS, M. G. S.; NASCIMENTO, J. A. do; MOREIRA, A. F.; SILVA, M. A. da. **Aspectos Históricos de las sequías en el Nordeste del Brasil Colonial (1530-1822)**. In: AN COSTA, V. G. Historia y desastres en América Latina. v. 2, Colombia: LA RED/CIESAS, 1997.

GOETZ, A. F. H.; VANE, G.; SOLOMON, J. E.; ROCK, B. N. **Imaging Spectrometry for Earth Remote Sensing**. 1985. Science, 228 (4704):1147-1153.

GONZÁLES, P. I. A; DELGADO, R. C; PRADO, F. B, **Desastres y salud pública: un abordaje desde el marco teórico de la epidemiología**. Revista Spanala de Salud pública, Março – Abril, vol. 76, número 8. Espanã: Ministerio de Salidad y Consumo, 2002. pp 121-132. Disponível em: <http://www.msc.es/salud/epidemiologia/resp/revista_cdrom/vol76/vol76_2/RS762C-121.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2006.

GORGULHO, M. **O que é GPS**. Disponível em: <http://www.maregps.com.br/nova%20mare/sistema_gps.htm#SISTEMA_GPS>. Acesso em: 12 dez. 2006.

HAQUE, E.; BRANCO, A. de M. **Vulnerabilidade y respuestas a desastres: análisis comparativo de estrategias para la mitigación de sequías**. Desastres & Sociedad- LA RED, año 6. n. 9. ene./dic. 1998. p.35-57.

HOLZ, R.K. **The Surveillant Science: Remote Sensing of the environment**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1985.

INFOGEO. **ABC do GEO**. Ano 1. n. 1. Curitiba, PR: EspaçoGEO, 2000. 59 p.

INSA – CF Instituto Nacional do Semi – Árido – Celso Furtado. Campina Grande – PB, 2007 Disponível em: <<http://www.insa.gov.br>>. Acesso em: 03 ago. 2007.

KERTZMAN, F. F.; DINIZ, N. C. **As Abordagens dos Solos Utilizados na Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo: ABGE/IPT, 1995. p. 19-30.

KOPPEN, W. **Climatologia: Um estúdio de los climas de la tierra, de Pedro, R. Henrichs**. México: Fundo de Cultura Econômica, 1948. 478p.

LAVELL, A. La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría. *In: _____*. **Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido**. Lima: LA RED/FLACSO/ITDG, p. 1-29, 1996.

_____. **Comunidades Urbanas, vulnerabilidad a desastres y opciones de prevención y mitigación: una propuesta de investigación-acción para Centroamérica**; *In: _____*. (comp.) **Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina**. Colombia: La Red/FLACSO, 1994, p. 69-82.

_____. **Ciencias sociales y desastres naturales en América Latina: un encuentro incluso**. *In: MASKREY, A. (ed) Los desastres no son naturales*. Colombia: LA RED/ITDG, 1993. p. 135-136.

LEMOS, J. de J. S. **Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro**. Revista Econômica do Nordeste. v.32. n. 3. Fortaleza: Documentos Técnicos – Científicos, jul.-set. 2001. p. 406-429. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/noticias/index.php3?action=ler&id=2546>>. Acesso em: 18 dez. 2006.

LILLESAND, T. M.; KEIFIR, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. New York: John Wiley & Sons, 1979/1974/1995.

LINDGREN, D. T. **Land Use Planning and Remote Sensing**. Dodrecht, Boston: M. Nijhoff Publishers, 1985.

LINS, P. J. R.; Medeiros, A. N. **Mapeamento da cobertura vegetal nativa lenhosa do Estado da Paraíba**. (Documentos de Campo, 22). João Pessoa: PNUD/FAO/IBAMA/GOVERNO DA PARAÍBA, 1992. 44p.

LINTZ JR., J.; SIMINETT, D. S. **Remote Sensing of environment**. Advanced Book Program. Reading. Massachusetts: Kendall/Hunt Publishing Company, 1976.

MACHADO. **Aplicações**. Disponível em: <<http://www.machado.com>>. Acesso em: 15 set. 2005.

MARANDOLA JUNIOR, E.; HOGAN, D. J. **O Risco em Perspectiva: Tendências e Abordagens**. v. 19, n. 38, Geosul, 2004. pp. 25-27.

MARCIEL FILHO, C. L. **Mapeamento Geotécnico e Planejamento de Ocupação Urbana de Santa Maria, RS**. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. vol. 1. São Paulo: ABGE, nov. 1978.

MASKREY, A. **Comunidad y desastres en América Latina: estrategias de intervención**. In: LAVELL, Allan (comp.). *Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*. Colombia: La Red/FLACSO, 1994. p. 27-58.

MASKREY, A. **El manejo popular de los desastres naturales: estudios de vulnerabilidad y mitigación**. Lima: ITDG, 1989. 208p.

MASKREY, A. (ed.). **Navegando entre brumas – La Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al Análisis de Riesgo en América Latina**. Lima: LA RED/ITDG, 1998. p.344.

MATOS, R. M. D. **Sistema de rifts cretáceos do Nordeste Brasileiro**. In: Seminário de Tectônica da Petrobrás, 1, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. PETROBRAS/DEPEX, Rio de Janeiro: Atas, 1987. pp. 126-159.

MATOS, R. M. D. **The Northeast Brazilian Rift System**. *Tectonics*. 1992. 11 (4): 766-791.

MEDINA, J. **Sistemas de información en las regiones de San Martín y Perú. Desastres y Sociedad**. n. 2. año 2. Lima: LA RED / ITDG, 1994. p. 144-150.

MEPELDIGITUS. **Normas da ABNT**. Disponível em: <<http://www.mepeldigitus.com/abnt.html>>. Acesso em: 21 out.2006.

MORAES, R. V.; KONEMBA, M.; FITZGIBBON, K. T. **O Sistema GPS**. v. I. Ita Engenharia, 1994. p. 47-50.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação**. São José dos Campos: INPE-SP, 2001.

NARAYAN, D. R. P.; SCHAFFT, K; RADEMACHER, A.; KOCH-SCHULTE, S. **La voz de los pobres: ¿hay alguien que nos escuche?** 2003. Disponível em: <<http://www1.worldbank.org/prem/poverty/spanish/voices/vol1.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2005.

NEVES, C. A. O. **Análise regional do trinômio geração-migração-acumulação de hidrocarbonetos na seqüência continental Eocretácia da Bacia Potiguar**. Bol. Geoc. 3(3) 131-145. Rio de Janeiro, RJ: Petrobrás, 1989.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1992 .

OLIVEIRA, A. M. dos S., BRITO, S. N. A. de. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. 576p.

PAGE, T. **A Generic View of Toxic Chemicals and Similar Risk**. *Ecology Law Quarterly*, 1978.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola. v. 4, n. 3, Campina Grande: DEAg/UFPB, 2000. p. 465-473.

PERROTA, M. M. **Sensoriamento Remoto. CPRM**. Publicada em: 24 fev. 2006. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=29>>. Acesso em: 12 dez. 2006.

PETROBRÁS. **Política de Segurança, meio ambiente e saúde**. Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/portal/meio_ambiente.htm>. Acesso em: 15 ago. 2005.

PMM (Prefeitura Municipal de Mossoró-RN). Disponível em: (<http://www.prefeiturademossoro.com.br/historia.php>). Acesso em: 10 mar. 2006

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). La construcción social de la vulnerabilidad. Disponível em: <<http://www.undp.um.hn/pdf/idh/1999/capitulo2.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2002. In: ABREU, A. F. de. **O Desastre Seca X Políticas Públicas. O Semi-Árido Paraibano: um estudo de caso**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Campina Grande: UFCG, 2004.

PRANDINI, F. O. L. **O Brasil e a Geologia no Planejamento Territorial e Urbano**. Anais do 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. v. 3. Rio de Janeiro: ABGE, ago. 1976. p. 354-370.

PROJETO MARISCO – **Monitoramento, Diagnóstico e Gestão de Áreas de Risco através do Levantamento de Informações Territoriais Básicas, Temáticas e Sócio Econômicas em Áreas Onshore, da Bacia Potiguar – Sigla MARISCO – Rede 5**. Natal, RN: FINEP/CNPq – CT PETRO, 2001.

REÁTEGUI, R.; VALLES, W.; GIL, D. Mitigación de erosión y inundación con siembra de bambú – la Cuenca del Río Cumbaza. In: MEDINA, J.; ROMERO, R. **Los desastres sí avisan – estudios de vulnerabilidad y mitigación II**. Lima: ITDG, 1992. p. 79-102.

RICHARDSON Jr. B. F.; BENJAMIM, C. **Introduction to Remote Sensing of Environment**. Addison-Wesley Publishing Company. Dubuque. 2. ed. Iowa, 1983.

RIO GRANDE DO NORTE. IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente. **Atlas para a Promoção do Investimento Sustentável no Rio Grande do Norte: Módulo 1: Zona Homogênea Mossoroense (Material Cartográfico)**. Natal-RN: out./2005. 208p.

_____. IDEMA. **Diretrizes para política de controle da desertificação no Rio Grande do Norte**. Natal, RN: RN Econômico, jun. 2004. 40 p.

_____. **Secretaria de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.serhid.rn.gov.br>>. Acesso em: 15 ago. 2003 e 20 set. 2004.

_____. IDEMA – **Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN**. 2003a. Disponível em <<http://www.idema.rn.gov.br>>. Acesso em: 03 mai. 2006.

_____. IDEMA. **Informativo municipal: Mossoró**. v. 05. 2001a. p. 1-14. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br>>. Acesso em: 05 fev. 2006.

_____. IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN. **Anuário Estatístico**. Natal, RN: 2001b.

ROBERTSON, D. F. Market in Leo. **Space & Communications**. 12(6)22-26. Berkshire. Inglaterra: Parker Publications Limited, 1996.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de fora, MG: Ed. do Autor, 2000. 220p.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria, RS: Imprensa Universitária, 1997. 423 p.

ROMERO, R. **Los desastres sí avisan – estudios de vulnerabilidad y mitigación II**. Lima: ITDG, 1992. p. 79-102.

SALOMÃO, F. X. T. & IWASA, O. Y. **Erosão e a ocupação rural e urbana**. Curso de geologia Aplicada ao Meio Ambiente. Coord. Geral Yazbek Bitar. São Paulo: ABGE/IPT, 1995.(Série meio ambiente).

SANTOS, C. A. G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V. S. **Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no semi-árido paraibano**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 4. n. 1. Campina Grande: DEAg/UFPB, 2000. p. 92-96.

SARNEY FILHO, J. **Instrumentos políticos e riscos ambientais**. Revista Eco 21. Ano XIII. ed. 81. ago. 2003. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/gestao/index.html&conteudo=/gestao/artigos/instrumentos.html>>. Acesso em: 18 jan. 2007.

SCURI, A. E., GATASS, M. (revisor) **Fundamentos da Imagem Digital**. Publicação eletrônica. Rio de Janeiro: Tecgraf/PUC-Rio, 1999.

SILVA, E. P. da. **Estudo da vulnerabilidade socioeconômico-ambiental e dos riscos a desastre ENOS (EL Niño Oscilações Sul) no município de Picuí – Paraíba:2002**. 147p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade federal de campina Grande, Campina Grande, 2002.

SILVA, M. R. R. da; SANTOS, A. C. **Geoquímica de Hidrocarbonetos. Relatório Final**. Projeto MARISCO. Recife, PE: 2005.

SILVA, A. de B. **Sistema de Informações Georreferenciadas: Conceitos e Fundamentos**. Campinas, SP: Unicamp, 2003. 236p.

SILVA, L. R. da. **Políticas Públicas: Por que discutir esse tema?** PJ Paraná, 2000. Disponível em: <<http://www.pj.org.br/?system=news&eid=140>>. Acesso em: 12 out. 2005.

SILVA, V. P. R. da; CORREIA, A. A.; COELHO, M. de S. **Análise das séries de precipitação pluvial no Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 2. n. 1. Campina Grande: DEAg/UFPB, 1998. p. 111-114.

SILVINO, G. da S. **Aplicação de SIG no modelo de umidade de solos, na otimização da produção agrícola. Bacia do Alto Rio Sucuru, Paraíba – Um caso de estudo**. Campina Grande, PB, 2000. 89 p. II Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba, set. 2000.

SOARES, U. M. & ROSSETTI, E. L. **Tectonismo e sedimentação na porção SW do Rifte Potiguar – Bacia Potiguar emersa**. v. 13, n. 2. Rio de Janeiro: B. Geoci. Petrobras. p. 149-166, maio/nov. 2005. Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/tecnologia2/port/boletim_geociencias/v13_n2_maiou2005_nov_2005/pdf/soaresrossetti.pdf>. Acesso em: 10 out. 2006.

SOARES, U. M.; ROSSETTI, E. L.; CASSAB, R. C. **Bacia Potiguar**. 2003. Disponível em: <<http://www.infonet.com.br>>. Acesso em: 10 out. 2006.

SOUZA, S. M. **Atualização da litoestratigrafia da bacia Potiguar**. 1982. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Anais, 5: 2392-2406, Salvador, BA: Sociedade Brasileira de Geologia, 1982.

SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/spring.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2004.

SUDENE. 1980. **Folha Mossoró**. Articulação SB-24-X-D-I. Secretaria de Planejamento da República, SUDENE – Diretoria de Geodésia e Cartografia, Superintendência de Cartografia. Carta do Brasil – Escala 1:100.000.

TEÓDULO, J. M. R. **Geoprocessamento na análise geoambiental e controle, recuperação, e mitigação de impactos ambientais nas áreas dos campos de extração de óleo e gás do Canto do Amaro e Alto da Pedra no município de Mossoró-RN**. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pesquisa e pós-Graduação em Geociências. Natal, RN: UFRN, 2004. 81 p.

TOCHTROP, E. C. **Riscos e vulnerabilidades em transporte por dutos: O caso de abastecimento de petróleo e derivados**. Disponível em: <http://www.google.com.br/search?hl=ptBR&q=Riscos+e+vulnerabilidades+em+transporte+por+duto&btnG=Pesquisa+Google&meta=lr%3Dlang_pt>. Acesso em: 28 nov. 2006.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIRGE/SUPREN, 1977.

UMAÑA, M. J. **Las sequías: un fenómeno recurrente**. Disponível em: <<http://www.coreca.org/vulsac/documentos/SEQUIA.pdf>>. Acesso em: 6 abr. 2004.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION. **UNCCD, 1977: prologue**. Disponível em: <<http://www.unccd.int/convention/text/convention.php?annexNo=0>>. Acesso em: 12 out. 2005.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. dos. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos: INPE, 1982. 61p.

WILCHES-CHAUX, G. **La vulnerabilidad global**. In: MASKREY, A. (comp.). Los desastres no son naturales. Colombia: LA RED/ITDG, oct. 1993.

ZUQUETTE, L. V. & GANDOLEI, N. **Metodologia de mapeamento para áreas municipais**. In: Congresso Brasileiro de Geologia de engenharia. 5, 1987 São Paulo. Anais,, São paulo ABGE, 1987. V. 2 303 – 312.

APÊNDICE

Apêndice A – Tabelas da Infiltração Acumulada e da velocidade de infiltração de água e óleo

Tabela A.1 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) da água no pelo método de Infiltrômetro de anel (Ponto X-1-. Neossolos Flúvicos-RU).

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (I) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
09:38	0	0	100	0	0	0
09:43	5	5	85	15	15	180
09:48	5	10	80	5	20	60
09:53	5	15	73	7	27	84
09:58	5	20	68	5	32	60
10:08	10	30	57	9	41	54
10:18	10	40	47/100	10	51	60
10:28	10	50	94	6	57	36
10:38	10	60	84	10	67	60
10:53	15	75	70	14	91	56
11:08	15	90	55/100	13	106	60
11:23	15	105	89	11	117	44
11:38	15	120	74	15	132	60
11:53	20	140	63	11	143	33
12:13	20	160	48/100	15	158	45
12:33	20	180	83	17	175	51
12:53	20	200	65	18	193	54
13:13	20	220	30/100	15	208	45
13:33	20	240	85	15	223	45
13:58	25	265	66	19	242	45

Tabela A.2 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) do óleo pelo método de Infiltrômetro de anel (Ponto X- I).

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (I) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
11:39	0	0	80	0	0	0
11:44	5	0	65	15	15	180
11:49	5	10	60	5	20	60
11:54	5	15	57	3	23	36
11:59	10	25	55	2	25	12
12:09	10	35	54	1	26	6
12:19	20	55	50	4	30	12
12:39	20	75	48	2	32	6
12:59	20	90	46	2	34	6
13:19	20	105	45	1	35	3
13:39	20	125	43	2	37	6
13:59	20	145	42	1	38	3

Tabela A.3 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) da água pelo método Infiltrômetro de anel (Ponto X- 2 -. Cambissolos Háplicos – CX + Neossolos Flúvicos – RU).

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
10:39	0	0	100	0	0	0
10:44	5	5	87	13	13	156
10:49	5	10	80	7	20	84
10:54	5	15	74	6	26	72
11:04	10	25	60	14	40	84
11:14	10	35	50/100	10	50	60
11:24	10	45	90	10	60	60
11:39	15	60	70	20	80	80
11:54	15	75	55	15	95	60
12:09	15	90	45/100	10	105	40
12:24	15	115	75	25	130	100
12:39	15	130	60	15	145	60
12:54	15	145	45	15	160	60
13:09	15	160	30/100	15	175	60
13:24	15	175	85	15	190	60

Tabela A.4 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) da água pelo método Infiltrômetro de anel (Ponto X-3 -Gleissolos Tiomórficos –GJ).

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
08:40	0	0	100	0	0	0
08:42	2	2	62	38	38	1140
08:44	2	4	50	12	50	360
08:46	2	6	39	11	61	330
08:48	2	8	29 + (71)	10	71	300
08:50	4	12	90	10	81	150
08:54	4	16	67	23	104	345
08:58	4	20	47	20	124	300
09:02	4	24	28 + (72)	19	143	285
09:06	4	28	80	20	163	300
09:10	4	32	58	22	185	330
09:14	6	38	39 + (61)	19	216	190
09:20	6	44	69	31	247	310
09:26	6	50	38	31	278	310
09:34	6	56	59 + (41)	21	299	210
09:40	6	62	69	31	330	210
09:46	8	70	38 + (62)	31	361	232
09:54	4	74	58	42	403	630
09:58	8	82	37 + (63)	21	424	158
10:06	4	86	58	42	466	630
10:10	6	92	37 + (63)	21	487	210
10:16	6	98	67	33	520	330
10:22	6	104	37 + (63)	30	550	300

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
10:28	6	110	70	30	580	300
10:34	6	116	39 + (61)	31	611	310
10:40	6	122	69	31	642	310
10:46	6	128	39 + (61)	30	672	310
10:52	6	134	59	41	713	410
10:58	6	140	29 + (71)	30	743	300
11:04	6	146	69	31	774	310
11:10	6	152	39	30	804	300

Tabela A.5 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) do óleo pelo método Infiltrômetro de anel (Ponto X-3).

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
15:23	0	0	80	0	0	0
15:28	5	5	74	6	6	72
15:33	5	10	66	8	14	96
15:38	5	15	64	2	16	24
15:43	5	20	63	1	17	12
15:48	10	30	62	1	18	6
15:58	10	40	60	2	20	12
16:08	10	50	58	2	22	12
16:18	10	60	57	1	23	6
16:28	10	75	55	2	25	12
16:43	15	90	54	1	26	4
16:58	15	105	53	1	27	4
17:13	15	120	52	1	28	4

Tabela A.6 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) da água pelo método Infiltrômetro de anel (Ponto X-4 - Cambissolos Háplicos – CX + Neossolos Litólicos – RL)..

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
10:25	0	0	80	0	0	0
10:30	5	5	60	20	20	240
10:35	5	10	50	10	30	120
10:40	5	15	45/80	5	35	60
10:50	10	25	72	8	43	48
11:00	10	35	65	7	50	42
11:10	10	45	57	8	58	48
11:25	15	60	47/80	10	68	40
11:40	15	75	74	6	74	24
11:55	15	90	61	13	87	52
12:15	20	110	51	10	97	30
12:35	20	130	41	10	107	30
12:55	20	150	31/80	10	117	30
13:15	20	170	70	10	127	30

Tabela A.7 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) do óleo pelo método Infiltrômetro de anel (Ponto X-4 – Cambissolos Háplicos – CX + Neossolos Litólicos – RL)..

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Tempo Real	Tempo acumulado	Leitura (mm)	Diferença (mm)		
10:31	0	0	77	0	0	0
10:36	5	5	70	7	7	84
10:41	5	10	68	2	9	24
10:46	5	15	68	0	9	0
10:56	10	25	67	1	10	6
11:06	10	35	65	2	12	12
11:16	10	45	64	1	13	6
11:31	15	60	60	4	17	16
11:46	15	75	58	2	19	8
12:01	15	90	56	2	21	8
12:21	20	110	54	2	23	8
12:41	20	130	52	2	25	8
13:01	20	150	50	2	27	8
13:21	20	170	48	2	29	8

Tabela A.8 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) da água pelo método Infiltrômetro de anel (Ponto X-5 -. Argissolos Vermelho Amarelo – PVA + Neossolos Litólicos – RL)..

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Tempo Real	Tempo acumulado	Leitura (mm)	Diferença (mm)		
11:50	0	0	100	0	0	0
11:51	1	1	57/100	43	43	2580
11:52	1	2	80	20	63	1200
11:53	1	3	60	20	83	1200
11:54	1	4	45	15	98	900
11:55	1	5	30/100	15	113	900
11:58	3	8	50/100	30	163	1000
12:01	3	11	55/100	45	208	900
12:04	3	14	55/100	45	253	900
12:08	4	18	38/100	62	315	930
12:12	4	22	40/100	60	375	900
12:16	4	26	40/100	60	435	900
12:20	4	30	40/100	60	495	900
12:25	5	35	30/100	70	565	840
12:30	5	40	20/100	80	645	960
12:35	5	45	30/100	70	715	840
12:40	5	50	25/100	75	790	900
12:45	5	55	30/100	70	860	840
12:50	5	60	25/100	75	935	900
12:55	5	65	30/80	70	1005	840
12:59	4	69	25/100	55	1060	825
13:04	5	74	25/100	75	1135	900

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
13:09	5	79	35/100	65	1200	780
13:14	6	85	30/110	70	1270	840
13:20	6	91	25/110	85	1355	850
13:26	6	97	30/110	80	1435	800
13:32	6	103	05/100	100	1535	1000
13:38	6	109	20/100	80	1615	800
13:43	5	114	25/100	75	1690	900
13:48	5	119	25/100	75	1765	900
13:53	5	124	30/100	70	1835	840
13:58	5	129	30/100	70	1905	840
14:03	5	134	30/100	70	1975	840
14:08	5	139	30/100	70	2045	840
14:13	5	144	30/100	70	2115	840
14:18	5	149	30/100	70	2185	840
14:23	5	154	30/100	70	2255	840
14:28	5	159	30/100	70	2325	840

Tabela A.9 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) do óleo pelo método Infiltrômetro de anel (Ponto X-5).

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
12:18	0	0	95	0	0	0
12:23	5	5	65	30	30	360
12:28	5	10	57	8	38	96
12:33	5	15	54	3	41	36
12:38	5	20	52	2	43	24
12:48	10	30	48	4	47	24
12:58	10	40	45	3	50	18
13:08	10	50	42	3	53	18
13:18	10	60	40	2	55	12
13:28	10	70	37	3	58	18
13:38	10	80	37	0	58	0
13:48	10	90	35	2	60	12
13:58	10	100	32	3	63	15
14:08	10	110	31	1	64	6
14:18	10	120	30/40	1	65	6
14:28	10	130	39	1	66	6

Tabela A.10 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) da água pelo método Infiltrômetro de anel (Ponto X-6 -. Latossolos Vermelho Amarelo – LVA + Neossolos Quartzarênicos – RQ).

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (I) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
10:15	0	0	100	0	0	0
10:16	1	1	60/100	40	40	2400
10:17	1	2	75/100	25	65	1500
10:18	1	3	80/100	20	85	1200
10:19	1	4	75/100	25	110	1500
10:21	2	6	45/100	55	165	1650
10:23	2	8	50/100	50	215	1800
10:25	2	10	48/100	52	270	1650
10:27	2	12	40/100	60	330	1800
10:29	2	14	50/100	50	380	1500
10:31	2	16	48/100	52	432	1560
10:33	2	18	20/100	80	512	2400
10:36	3	21	25/100	75	587	1500
10:39	3	24	30/100	70	657	1400
10:42	3	27	15/100	85	742	1700
10:45	3	30	18/100	82	824	1640
10:48	3	33	15/80	85	909	1700
10:51	3	36	15/100	65	974	1300
10:53	2	38	22/100	78	1052	2340
10:56	3	41	24/80	76	1128	1520
10:59	3	44	35/100	65	1193	1300
11:01	2	46	1/100	99	1292	2970
11:03	2	48	20/50	80	1372	2400
11:04	1	49	2/100	48	1324	2880
11:08	4	53	100	0	1324	0
11:11	3	56	50	50	1374	1000
11:13	2	58	1/100	49	1423	1470
11:16	3	61	40/100	60	1483	1200
11:19	3	64	60/100	40	1523	800
11:22	3	67	55/100	45	1568	900
11:25	3	70	45/100	55	1623	1100
11:28	3	73	30/100	70	1693	1400
11:31	3	76	35/100	65	1758	1300
11:34	3	79	40/100	60	1818	1200
11:37	3	82	40/100	60	1878	1200
11:40	3	85	38/100	62	1940	1240
11:43	3	88	38/100	62	2002	1240
11:46	3	91	50/100	50	2052	1000
11:49	3	94	60/100	40	2092	800
11:53	4	98	43/100	57	2149	855
11:57	4	102	44/100	56	2205	840
12:01	4	106	40/100	60	2265	900
12:05	4	110	40/85	60	2325	900
12:09	4	114	30/100	55	2380	825
12:13	4	118	30/100	70	2450	1050
12:17	4	122	47/100	53	2503	795
12:21	4	126	35/100	65	2568	975
12:25	4	130	35/100	65	2633	975

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
12:29	4	134	40/100	60	2693	900
12:33	4	138	40/100	60	2753	900
12:37	4	142	40/100	60	2803	900
12:41	4	146	40/100	60	2863	900
12:45	4	150	40/100	60	2933	900

Tabela A.11 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) do óleo pelo método Infiltrômetro de anel (Ponto X-6 – Latossolos Vermelho Amarelo – LVA + Neossolos Quartzarênicos – RQ).

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
10:25	0	0	65	0	0	0
10:27	2	2	40	25	25	750
10:29	2	4	05/80	35	60	1050
10:37	8	12	80	0	60	0
10:42	5	17	72	8	68	96
10:47	5	22	58	14	82	168
10:52	5	27	48	10	92	120
10:57	5	32	38	10	102	120
11:02	5	37	28/80	10	112	120
11:07	5	42	73	7	119	84
11:12	5	47	63	10	129	120
11:17	5	52	57	6	135	72
11:22	5	57	47	10	145	120
11:27	5	62	39	8	153	96
11:32	5	67	30	9	162	108
11:37	5	72	24	6	168	72
11:47	10	82	34	10	178	60
11:57	10	92	22	12	190	72
12:07	10	102	18/80	4	194	24
12:17	10	112	73	7	201	42
12:27	10	122	61	12	213	72
12:37	10	132	51	10	223	60
12:47	10	142	41	10	233	60
12:57	10	152	31	10	243	60

Tabela A.12 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) da água pelo método Infiltrômetro de anel (Ponto X-7 - Latossolos Vermelho Amarelo – LVA).

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (1) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
15:36	0	0	100	0	0	0
15:38	2	2	75	25	25	750
15:40	2	4	55	20	45	600
15:42	2	6	40/100	15	60	450

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (I) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
15:44	2	8	85	15	75	450
15:46	2	10	65/100	20	95	600
15:50	4	14	70	30	125	450
15:54	4	18	35/100	35	160	520
15:58	4	22	68	32	192	480
16:02	4	26	35/100	33	225	495
16:07	5	31	55/100	45	270	540
16:12	5	36	60/100	40	310	480
16:17	5	41	60/100	40	350	480
16:22	5	46	60/100	40	390	480
16:32	10	56	25/100	75	465	450
16:42	10	66	25/100	75	540	450
16:52	10	76	25/100	75	615	450
17:02	10	86	25/100	75	690	450
17:12	10	96	25/100	75	765	450
17:22	10	106	25/100	75	830	450
17:32	10	116	30/100	70	910	420
17:42	10	126	25/100	75	985	450
17:52	10	136	30/100	70	1055	420

Tabela A.13 – Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VIa) do óleo pelo método Infiltrômetro de anel (Ponto X-7).

Hora	Tempo		Régua		Infiltração Acumulada (I) (mm)	Velocidade de infiltração (VIa) (mm/h)
	Intervalo (min)		Leitura (mm)	Diferença (mm)		
	Tempo Real	Tempo acumulado				
15:26	0	0	75	0	0	0
15:31	5	5	57	18	18	216
15:36	5	10	51	6	24	73
15:41	5	15	47	4	28	48
15:51	10	25	40/80	7	35	42
16:01	10	35	747	6	41	36
16:11	10	45	67	7	48	42
16:26	15	60	58	9	57	36
16:41	15	75	50	8	65	32
16:56	15	90	45	5	70	20
17:11	15	105	43	2	72	8
17:26	15	120	43	0	72	0
17:41	15	135	43	0	72	0

ANEXOS

ANEXO A – Análise de Solo

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Antonio Costa Filho e Max Prestes Barbosa Município: Mossoró – RN Localidade: X - 1 No. da Amostra: 26470 Data: 04.05.2006	
	ANÁLISE DE SOLO		
Características Físicas	Profundidade (cm)		
Granulometria (%)			
Areia	55,80		
Silte	21,00		
Argila	23,20		
Classificação Textural	Franco Argilo Arenoso		
Densidade Aparente g/cm³	1,46		
Densidade Real g/cm³	2,60		
Porosidade %	43,97		
Umidade - %			
Natural	5,32		
0,10 atm			
Cc 0,33 atm	21,77		
1,00 atm			
5,00 atm			
10,0 atm			
Pm 15,0 atm	11,26		
Água Disponível	10,51		
Observação: Neossolos Flúvicos - RU			

Hugo Orlando Carvalho Guerra
Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Antonio Costa Filho e Marx Prestes Barbosa Município: Mossoró – RN Localidade: X - 2 No. da Amostra: 26471 Data: 04.05.2006	
	ANÁLISE DE SOLO		
Características Físicas	Profundidade (cm)		
Granulometria (%)			
Areia	45,80		
Silte	34,00		
Argila	20,20		
Classificação Textural	Franco		
Densidade Aparente g/cm³	1,35		
Densidade Real g/cm³	2,63		
Porosidade %	48,76		
Umidade - %			
Natural	2,67		
0,10 atm			
0,33 atm	29,23		
1,00 atm			
5,00 atm			
10,0 atm			
15,0 atm	16,44		
Água Disponível	12,79		
Observação: Cambissolos Háplicos – CX + Neossolos Flúvicos - RU			

Hugo Orlando Carvalho Guerra
Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Antonio Costa Filho e Marx Prestes Barbosa Município: Mossoró – RN Localidade: X - 3 No. da Amostra: 26472 Data: 04.05.2006	
	ANÁLISE DE SOLO		
Características Físicas	Profundidade (cm)		
Granulometria (%)			
Areia	78,80		
Silte	6,00		
Argila	15,20		
Classificação Textural	Franco Arenoso		
Densidade Aparente g/cm³	1,89		
Densidade Real g/cm³	2,72		
Porosidade %	30,31		
Umidade - %			
Natural	0,81		
0,10 atm			
0,33 atm	11,58		
1,00 atm			
5,00 atm			
10,0 atm			
15,0 atm	2,49		
Água Disponível	9,09		
Observação: Gleissolos Tiomórficos - GJ			

Hugo Orlando Carvalho Guerra
Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Antonio Costa Filho e Marx Prestes Barbosa Município: Mossoró – RN Localidade: X - 4 No. da Amostra: 26476 Data: 04.05.2006	
	ANÁLISE DE SOLO		
Características Físicas	Profundidade (cm)		
Granulometria (%)			
Areia	83,80		
Silte	2,00		
Argila	14,20		
Classificação Textural	Areia Franca		
Densidade Aparente g/cm³	1,74		
Densidade Real g/cm³	2,67		
Porosidade %	35,04		
Umidade - %			
Natural	1,16		
0,10 atm			
0,33 atm	6,33		
1,00 atm			
5,00 atm			
10,0 atm			
15,0 atm	1,71		
Água Disponível	4,62		
Observação: Cambissolos Háplicos – CX + Neossolos Litólicos - RL			

Hugo Orlando Carvalho Guerra
Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Antonio Costa Filho e Marx Prestes Barbosa Município: Mossoró – RN Localidade: X - 5 No. da Amostra: 26474 Data: 04.05.2006	
	ANÁLISE DE SOLO		
Características Físicas	Profundidade (cm)		
Granulometria (%)			
Areia	78,80		
Silte	8,00		
Argila	13,20		
Classificação Textural	Franco Arenoso		
Densidade Aparente g/cm³	1,84		
Densidade Real g/cm³	2,68		
Porosidade %	31,28		
Umidade - %			
Natural	0,76		
0,10 atm			
0,33 atm	10,86		
1,00 atm			
5,00 atm			
10,0 atm			
15,0 atm	6,16		
Água Disponível	4,70		
Observação: Argissolos Vermelho Amarelo – PVA + Neossolos Litólicos - RL			

Hugo Orlando Carvalho Guerra
Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Antonio Costa Filho e Marx Prestes Barbosa Município: Mossoró – RN Localidade: X - 6 No. da Amostra: 26476 Data: 04.05.2006	
	ANÁLISE DE SOLO		
Características Físicas	Profundidade (cm)		
Granulometria (%)			
Areia	83,80		
Silte	2,00		
Argila	14,20		
Classificação Textural	Areia Franca		
Densidade Aparente g/cm³	1,74		
Densidade Real g/cm³	2,67		
Porosidade %	35,04		
Umidade - %			
Natural	1,16		
0,10 atm			
0,33 atm	6,33		
1,00 atm			
5,00 atm			
10,0 atm			
15,0 atm	1,71		
Água Disponível	4,62		
Observação: Latossolos Vermelho Amarelo – LVA + Neossolos Quartzarênicos - RQ			

Hugo Orlando Carvalho Guerra
Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Antonio Costa Filho e Marx Prestes Barbosa Município: Mossoró – RN Localidade: X - 7 No. da Amostra: 26477 Data: 04.05.2006	
	ANÁLISE DE SOLO		
Características Físicas	Profundidade (cm)		
Granulometria (%)			
Areia	83,80		
Silte	3,00		
Argila	13,20		
Classificação Textural	Areia Franca		
Densidade Aparente g/cm³	1,83		
Densidade Real g/cm³	2,67		
Porosidade %	31,41		
Umidade - %			
Natural	1,21		
0,10 atm			
0,33 atm	5,19		
1,00 atm			
5,00 atm			
10,0 atm			
15,0 atm	1,97		
Água Disponível	4,22		
Observação: Latossolos vermelho Amarelo - LVA			

Hugo Orlando Carvalho Guerra
Chefe do LIS

ANEXO B – Questionário aplicado às famílias Rurais do Município de Mossoró - RN

MODELO DO QUESTIONÁRIO APLICADO NAS ENTREVISTAS
Diagnóstico Sócio-Econômico e Ambiental aplicado às
famílias Rurais do Município de Mossoró - RN.

Dados de Identificação

Número do questionário:

Nome da propriedade:

Localidade:

Nome do produtor:

Propriedade: própria _____ Arrendada _____

Empregado _____ Morador _____

FATOR VULNERABILIDADE SOCIAL

a) Variável Demográfica

1.1. Número total de pessoas na família _____ sexo masculino _____ sexo feminino _____

1.2. Número total de pessoas economicamente ativa na família ____ sexo masculino ____ sexo feminino _____

1.3. Faixa etária 0-7__ 8-14__ 15-18__ 19-25__ 26-35__ 36-45__ 46-45__ >65 _____

1.4. Escolaridade até a 4ª série __ até a 8ª série __ ensino médio incompleto __ ensino médio completo __
analfabeto __ superior incompleto __ superior completo __ escolaridade do produtor _____

1.5. Residência do produtor casa rural __ cidade __ distrito __ capital _____

1.6. Área da propriedade _____

1.7. Número de famílias/pessoas na propriedade _____

b) Variável Habitação

2.1. Tipo de habitação: taipa em mau estado __ bom estado __ alvenaria em mau estado __ bom estado _____

2.2. Fogão lenha/carvão __ lenha/carvão + gás __ gás __ elétrico _____

2.3. Água consumida: potável(filtro, poço tubular ou encanada) __ não potável _____

2.4. Esgotos: rede de esgotos __ fossa _____ eliminação livre _____

2.5. Eliminação de lixo: coleta __ enterra ou queima __ livre _____

2.6. Eliminação de embalagens de agrotóxicos: comercialização com as próprias firmas _____

devolução aos revendedores __ reutilização para o mesmo fim __ colocada em fossa especial __ queimada __ reaproveitada para outros fins ou deixada em qualquer lugar _____

2.7. Tipo de piso: chão batido __ tijolo __ cimento __ cerâmica _____

2.8. Tipo de teto: palha __ telha cerâmica _____

outros _____

2.9. Energia: não tem _____ elétrica monofásica __ elétrica bifase _____ elétrica trifásica _____ solar __ eólica _____

2.10. Geladeira: tem __ não tem _____

- 2.11. Televisão tem ___ não tem ___ Antena Parabólica: Sim _____ Não: _____
 2.12. Vídeo cassete tem ___ não tem ___
 2.13. Rádio: tem ___ não tem ___
 2.14. Periódicos: tem ___ não tem ___ Qual(ais) _____

c) Variável Consumo de Alimentos

- 3.1. Consumo de leite em dias da semana _____
 3.2. Consumo de carne bovina em dias da semana _____
 3.3. Consumo de carne caprina/ovina em dias da semana _____
 3.4. Consumo de carne de porco em dias da semana _____
 3.5. Consumo de legumes em dias da semana _____
 3.6. Consumo de verduras em dias da semana _____
 3.7. Consumo de frutas em dias da semana _____
 3.8. Consumo de batata-doce em dias da semana _____
 3.9. Consumo de ovos em dias da semana _____
 3.10. Consumo de café em dias da semana _____
 3.11. Consumo de massas em dias da semana _____
 3.12. Consumo de feijão em dias da semana _____
 3.13. Consumo de aves(guiné, galinha, peru, pato) em dias da semana _____
 3.14. Consumo de peixe em dias da semana _____
 3.15. Consumo de caça em dias da semana _____
 3.16. Consumo de derivados do milho (cuscuz, angu, polenta, mugunzá) em dias da semana _____
 3.17. Consumo de farinha de mandioca em dias da semana _____

d) Variável Participação em Organização

- 4.1. Pertence sim ___ não ___ qual _____

e) Variável Salubridade Rural

- 5.1. Infestação de nematóides: inexistente ___ baixa ___ média ___ alta ___
 5.2. Infestação de cupins: inexistente ___ baixa ___ média ___ alta ___
 5.3. Infestação de formigas: inexistente ___ baixa ___ média ___ alta ___
 5.4. Infestação de doenças vegetais: inexistente ___ baixa ___ média ___ alta ___ qual (is) ___
 5.5. Infestação de vermes/carrapato nos animais: inexistente ___ baixa ___ média ___ alta ___
 5.6. Infestação de mosca do chifre: inexistente ___ baixa ___ média ___ alta ___
 5.7. Infestação de doenças nos animais: inexistente ___ baixa ___ média ___ alta ___ qual (is) _____
 5.8. Surto de febre aftosa sim ___ não ___
 5.9. Infestação de doenças nas pessoas: inexistente ___ baixa ___ média ___ alta ___ qual (is) _____
 5.10. Infestação de piolhos/fungos nas pessoas: inexistente ___ baixa ___ média ___ alta ___ qual (is) _____
 5.11. Combate às pragas domésticas sim ___ não ___ qual (is) _____

FATOR VULNERABILIDADE TECNOLÓGICA

a) Variável Tecnologia

- 11.1 Área da propriedade (ha): <50 (aproveitamento de até 50%)__ <50 (aproveitamento >50%)__
 51-100 (aproveitamento de até 50%)__ 51-100 (aproveitamento >50%)__
 101-200 (aproveitamento de até 50%)__ 101-200 (aproveitamento >50%)__
- 11.2 Tipo de posse: proprietário__ arrendatário__ meeiro__ ocupante__
- 11.3 Uso de Biocidas(veneno caseiro): regular__ ocasional__ não usa__ controle biológico__
- 11.4 Uso de adubação/calagem: regular__ ocasional__ não usa__ adubação orgânica__
- 11.5 Tração das ferramentas: máquina__ manual__ animal__
- 11.6 Uso do solo: segue o declive__ em nível__
- 11.7 Práticas de conservação: não usa__ usa__ quais _____
- 11.8 Conflitos ambientais: sim__ quais _____ não__
- 11.9 Irrigação: regular__ ocasional__ não usa__
- 11.10 Assistência técnica: regular__ ocasional__ não tem__ quem? _____
- 11.11 Exploração da terra: intensiva irracional__ extensiva irracional__ racional__
- 11.12 Capacitação para exploração: instituições governamentais e/ou ONG__ técnicos particulares__ sozinho__ não faz__ quais _____
- 11.13 Sabe executar obras de contenção: sim__ quais _____ não__

b) Variável Máquinas e Verticalização

- 12.1 Possui máquinas agrícolas e/ou implementos: nenhum__ alguns__ principais__ todos__
- 12.2 Possui equipamentos adequados para transformação de matéria prima: sim__ não__

FATOR VULNERABILIDADE A SECA

a) Variável Recursos Hídricos

- 13.1 Armazenamento de água: não faz__ caixa d'água__ cisternas__ barreiros__ açudes (2 anos sem secar)__ açudes (+ de 2 anos sem secar)__ outras opções de armazenamento _____
- 13.2 Água armazenada seca nas pequenas estiagens: sim__ não__
- 13.3 Captação de água das chuvas(telhado): não faz__ faz__
- 13.4 Fonte de água: não possui__ cacimba__ poço amazonas__ poço tubular__ outras__
- 13.5 Fonte de água seca nas pequenas estiagens: sim__ não__
- 13.6 Periodicidade da oferta hídrica dos reservatórios e fontes: temporária__ permanente__
- 13.7 Água das fontes permite abastecimento humano todo o ano: sim__ não__
- 13.8 Água das fontes permite abastecimento animal todo o ano: sim__ não__
- 13.9 Água das fontes permite irrigação todo o ano: sim__ não__
- 13.10 Forma de abastecimento domiciliar: lata__ animais__ carros pipas__ encanada__
- 13.11 Racionamento: não faz__ faz durante as estiagens__ faz permanentemente__
- 13.12 Aproveitamento das águas residuais: não__ sim__ como _____
- 13.13 Observação de alguma fonte/barragem que não secava e passou a secar: sim__ não__ qual _____

<p>b) Variável Produção</p> <p>14.1 Orientação técnica para as secas: tem__ não tem _____</p> <p>14.2 Pecuária: não explora__ explora raças não adaptadas _____ explora raças adaptadas _____</p> <p>14.3 Agricultura de sequeiro: não faz__ faz sempre__ faz com chuvas suficientes__</p> <p>14.4 Cultivo de vazantes: não faz__ faz ocasionalmente__ faz sempre__ Espécies _____</p> <p>14.5 Irrigação: não faz__ faz ocasionalmente__ faz sempre__ Espécies _____ Método _____</p>
<p>c) Variável Manejo da Caatinga</p> <p>15.1 não faz__ faz ocasionalmente__ faz sempre__ Como _____</p>
<p>d) Variável Exploração de Espécies Nativas</p> <p>16.1 faz sem replantio__ não faz__ faz com replantio__ Espécies/Finalidades _____</p>
<p>e) Variável Armazenamento</p> <p>17.1 Alimentação humana: não faz__ faz (estoque para um ano)__ faz (para mais de um ano)__ Forma _____</p> <p>17.2 Armazenamento da alimentação animal: não faz__ faz (estoque para um ano)__ faz (para mais de um ano) _____ Forma _____</p>
<p>f) Variável Redução do Rebanho</p> <p>18.1 não faz__ faz antes das estiagens__ faz durante as estiagens__ Critérios de descarte _____</p>
<p>g) Variável Observação das Previsões De Chuvas</p> <p>19.1 não faz__ faz pela experiência__ faz por instituições__ Quais _____</p>
<p>h) Variável Ocupação nas Estiagens</p> <p>20.1 abandona a terra__ frentes de emergência__ presta serviços a outros produtores__ se mantém na atividade__</p>
<p>j) Variável Educação</p> <p>21.1 Disciplinas contextuais no ensino básico: não possui__ até a 4ª série__ da 5ª à 8ª série__ em todas__ Qual (is) _____</p> <p>21.2 Disciplinas contextuais no ensino médio: não possui__ possui em uma série__ mais de uma série__</p>
<p>l) Variável Administração Rural</p> <p>22.1 Planejamento da produção: não faz__ faz empiricamente__ acompanhamento técnico__</p> <p>22.2 Oferta contínua dos produtos: não__ sim__ por que _____ não comercializa__ comercializa o excedente__ produz para comercialização__</p> <p>22.3 Comercialização: não comercializa _____ comercializa o excedente__ produz para comercialização _____</p> <p>22.4 Fontes de renda: exclusivamente da propriedade__ outras _____</p>

E. Histórico das Secas

23.1 Secas acontecidas: ano _____ duração _____ (meses)
Perdas e impactos (comentários e quantificações)

23.2 Secas acontecidas: ano _____ duração _____ (meses)
Perdas e impactos (comentários e quantificações)

23.3 Secas acontecidas: ano _____ duração _____ (meses)
Perdas e impactos (comentários e quantificações)

F. FATOR MIGRAÇÃO

- 24.1 A família reside a quantos anos? _____
- 24.2 Quantas pessoas da família deixaram a propriedade nos últimos anos? _____
a dois anos ____ a quatro anos ____ a seis anos ____ a oito anos ____ a dez anos
____ ou mais ____
- 24.3 Quantas pessoas da família regressaram e se fixaram? _____
- 24.4 Quantas famílias regressaram e se fixaram na: própria propriedade ____ em outra
propriedade —
- 24.5 Destino dos que saíram: zona urbana do município __ outras localidades na
Paraíba __ outros Estados __

G. Exploração de Minérios

Sim ____ Tipo _____ Qual(is) minérios _____ Não ____

ANEXO C – Modelo do Certificado

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE SENSORIAMENTO REMOTO**

PROJETO MARISCO – REDE-5 – 1522002 – UFRN-FUNPEC/FINEP-CTPETRO

Projeto Administrado pela FUNPEC – Fundação Norte-Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura
Promovendo a Integração entre a UFRN e a Comunidade

Instituições
membros do Projeto



CERTIFICADO



Certificamos, que *l'incius Nascimento Almeida* participou como estagiário do Projeto Marisco Rede-5 da atividade **DIAGNOSTICO AMBIENTAL E SOCIOECONOMICO DA POPULAÇÃO DO CAMPO PETROLÍFERO CANTO DO AMARO**, no Município de Mossoró, perfazendo um total de 36 horas.

Campina Grande, 18 de maio de 2006

Prof. Dr. Marx Prestes Barbosa
Coordenador das atividades do
Projeto na UFPA

Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto
Coordenador Administrativo da UFRN

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL DAS FAMÍLIAS RESIDENTES NO CAMPO PETROLÍFERO CANTO DO AMARO – MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN

PROGRAMA DO ESTÁGIO

- **O PROJETO:**
 - “Monitoramento, Diagnóstico e Gestão Ambiental de Áreas de Risco através do Levantamento de Informações Territoriais Básicas, Temáticas E Socioeconômicas em Áreas Onshore, Da Bacia Potiguar” – CONVÊNIO UFRN-FUNPEC/FINEP-CTPETRO
 - ◆ Tutor: Prof. Antônio Costa Filho (MSc) – Aluno do Curso de Doutorado em Recursos Naturais – UFGG/CTRN
 - ☐ Apresentação dos objetivos do trabalho. Aspectos sociais e geo-econômicos e ambientais do campo petrolífero Canto do Amaro – Mossoró-RN.
- **DESASTRES NATURAIS**
 - ◆ Tutor: Prof. Dr. Marx Prestes Barbosa
 - ☐ Introdução aos desastres naturais, aos riscos e perigos e vulnerabilidades. Diagnóstico Socioeconômico ambiental: Aplicação do questionário. Fatores a pesquisar: Social, Econômico, Tecnológico, e Seca. Aplicação no campo petrolífero Canto do Amaro.
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**
 - ◆ Tutor: Prof. Antônio Costa Filho (MSc) e Prof. Dr. Marx Prestes Barbosa
 - ☐ Discussão das Dúvidas e Apresentação de Soluções
- **TRABALHO NO CAMPO**
 - ◆ Tutores: Prof. Antônio Costa Filho (MSc) e Prof. Dr. Marx prestes Barbosa

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE SENSORIAMENTO REMOTO**

PROJETO MARISCO – REDE-5 – 1522002 – UFRN-FUNPEC/FINEP-CTPETRO

Projeto Administrado pela FUNPEC – Fundação Norte-Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura
Promovendo a Integração entre a UFRN e a Comunidade

Instituições
membros do Projeto



CERTIFICADO



Certificamos, que **Vinícius Nascimento Almeida** participou como estagiário do Projeto Marisco RedeS na atividade Teste de Infiltração óleo/água nas finanças de solos do **CAMPO PETROLÍFERO CANTO DO AMARO**, Município de Mossoró, perfazendo um total de 48 horas.

Campina Grande, 18 de maio de 2006

Prof. Dr. Marx Prestes Barbosa
Coordenador das atividades do
Projeto na UFCG

Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto
Coordenador Administrativo da UAEAG

TESTE DE INFILTRAÇÃO – ÓLEO/ÁGUA NAS MANCHAS DE SOLOS DO CAMPO PETROLÍFERO CANTO DO AMARO – MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN

PROGRAMA DO ESTÁGIO

- **O PROJETO:**
 - "Monitoramento, Diagnóstico e Gestão Ambiental de Áreas de Risco através do Levantamento de Informações Territoriais Básicas, Temáticas E Socioeconômicas em Áreas "Onshore" Da Bacia Potiguar" – CONVENIO UFRN-FUNPEC/FINEP-CTPETRO
- ◆ Tutor: Prof. Antônio Costa Filho (MSc),
Aluno do Curso de Doutorado em Recursos Naturais – UFCG/CTRN
- Apresentação dos objetivos do trabalho.
- **INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO**
- ◆ Tutor: Prof. Dr. José Dantas Neto (UAEAg)
Prof. Antônio costa Filho (MSc)
- Introdução. Metodologia. Infiltrômetro de Anel. Equações que descrevem a infiltração.
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**
- ◆ Tutor: Prof. Antônio Costa Filho (MSc) e Prof. Dr. Marx prestes Barbosa
- Discussão das Dúvidas e Apresentação de Soluções
- **TRABALHO NO CAMPO**
- ◆ Testes de infiltração água/óleo
- ◆ Tutores: Prof. Antônio Costa Filho (MSc) e Prof. Dr. Marx prestes Barbosa