



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DOUTORADO TEMÁTICO EM RECURSOS NATURAIS**



TESE

**GESTÃO DE RISCOS A DESASTRES ENOS (EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL) NO
SEMI-ÁRIDO PARAIBANO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA**

JOÃO MIGUEL DE MORAES NETO

**Campina Grande - Paraíba - Brasil
MARÇO - 2003**

**GESTÃO DE RISCOS A DESASTRES ENOS (EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL) NO
SEMI-ÁRIDO PARAIBANO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA**

JOÃO MIGUEL DE MORAES NETO

**GESTÃO DE RISCOS A DESASTRES ENOS (EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL) NO
SEMI-ÁRIDO PARAIBANO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA**

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

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem
Linha de Pesquisa: Sensoriamento Remoto

Marx Prestes Barbosa, Dr.

Orientador

CAMPINA GRANDE

2003



M827g

Moraes Neto, João Miguel de.

Gestão de riscos a desastres enos (el niño oscilação sul) no semi-árido paraibano : uma análise comparativa / João Miguel de Moraes Neto. - Campina Grande, 2003. 174 f.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2003.

"Orientação : Prof. Dr. Marx Prestes Barbosa".
Referências.

1. Degradação Ambiental - Semiárido Paraibano. 2. Desastres Naturais. 3. El Niño. 4. La Niña. 5. Tese - Recursos Naturais. I. Barbosa, Marx Prestes. II. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB). III. Título


CDU 504.4(813.3)(043)

JOÃO MIGUEL DE MORAES NETO

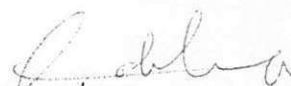
GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES ENOS (EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL) NO SEMI-
ÁRIDO PARAIBANO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

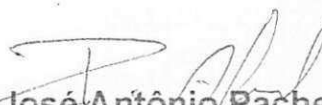
APROVADA EM: 27/05/2003

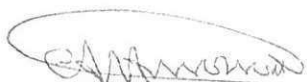
BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Marx Prestes Barbosa

Departamento de Engenharia Agrícola – DEAg
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG


Prof. Dr. Alain Marie Bernard Passerat de Silans
Laboratório de Recursos Hídricos – LRH
Centro de Tecnologia - CT
Universidade Federal da Paraíba - UFPB


Prof. Dr. José Antônio Pacheco de Almeida
Departamento de Geociências – DG
Centro de Ciências Exatas e da Natureza - CCEN
Universidade Federal da Paraíba - UFPB


Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
Departamento de Engenharia Agrícola – DEAg
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG


Prof. Dr. Vera Lúcia Antunes de Lima
Departamento de Engenharia Agrícola – DEAg
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

AGRADECIMENTOS

A Deus sobre todas as coisas.

Ao professor Dr. Marx Prestes Barbosa, pela orientação indispensável ao longo deste período.

Ao Engenheiro Cartógrafo Miguel José da Silva pela ajuda prestimosa no processamento digital.

A Engenheira Agrícola Fátima Fernandes pela força dada nos trabalhos de campo e pelas sugestões valiosas.

Ao colega e aspirante de ninja Alexandre Eduardo pela ajuda na confecção final deste trabalho, bem como pela convivência ao longo deste período.

A todos os colegas de doutorado e em especial a Demerval Furtado, Juarez Pedroza, Marcos Guedes e Lediam Rodrigues pela convivência e amizade formulada no decorrer das disciplinas.

A Aldaniza, secretária do DEAg, pela presteza de serviços.

Aos colegas: Mônica, Aloysio, Hamilcar, Augusto, Célio e David pela convivência e troca de idéias ao longo deste período.

Ao LMRS pelo apoio e informações cedidas.

Ao IAI, LARED e ao CNPq pelo apoio financeiro para execução do trabalho de campo.

A todos os funcionários do LMRS.

Às Prefeituras de Sousa, Sumé e Picuí e em especial aos agentes comunitários de saúde destes municípios pelo apoio na realização dos trabalhos de campo.

Agradecimentos especiais

Aos meus pais Alandec Miguel de Moraes e Ionete Cavalcante de Moraes e irmãos Washington, Saulo, Hugo, Alankardec, Isabela, Ivane e Ionete.

A minha esposa Suzete Burgos Diniz de Moraes e filhos Pedro, Diogo, João, Gustavo e Abraão.

Em memória

Do meu avô paterno João Miguel de Moraes e materno Alfredo Cavalcante, a quem devo minha formação moral.

DEDICO

A todos aqueles que se sentem excluídos da sociedade, em especial aos moradores da comunidade Tanques em Sousa que sofrem pelas adversidades proporcionadas pelas secas anunciadas e repetidas e pela falta de políticas públicas.

Alguém te apontou os defeitos, desconhecendo-te as qualidades.
Outros te censuraram, asperamente, por esse ou aquele motivo,
No entanto, não te detenhas,
Recorda que por piores sejam as críticas destrutivas que te envolvam,
Deus não te apagou a chama da fé e nem te retirou a oportunidade de continuar
trabalhando.

EMMANUEL (Chico Xavier)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE GRÁFICOS	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE QUADROS	12
LISTA DE FOTOS	12
RESUMO	14
ABSTRACT	15

INTRODUÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVO GERAL	19
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3. Revisão Bibliográfica.....	20
3.1. Desastres	20
3.2. El Niño.....	24
3.2.1 El Niño e Clima.....	28
3.3. Anos de El Niño e La Niña.....	32
3.4. INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES TÉRMODINÂMICAS.....	34
3.5 O FENÔMENO LA NIÑA.....	37
4. O DESASTRE DA DESERTIFICAÇÃO.....	40
5. SENSORIAMENTO REMOTO.....	43
6. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS.....	47
6.1 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	47
6.2 SIG e Desastres.....	48

7.MATERIAIS E MÉTODOS

7.1. Caracterização da Área de Estudo.....	50
7.2. Materiais.....	53
7.3. Metodologia.....	54
7.3.1. PROCEDIMENTO. UTILIZADO NO PROCESSAM. DIGITAL DE IMAGENS.....	57
7.4. DIAGNÓSTICO DAS VULNERABILIDADES.....	60

8.RESULTADOS E DISCUSSÕES	68
8.1. Variações Pluviométricas Associadas ao Evento ENOS.....	68
8.2. Sensoriamento Remoto no Estudo dos Efeitos do Mega El Niño 97/98.....	79
8.3. Risco à Desastre.....	85
8.3.1 Determinação das Vulnerabilidades Globais dos Municípios.....	86
8.4. Processamento Digital de Imagem.....	92
8.4.1 Município de Picuí.....	92
8.4.2 Município de Sousa.....	100
8.4.3 Município de Sumé.....	107
8.5. Estudo Comparativo dos Municípios de Picuí, Sousa e Sumé pós Mega Eventos.....	115
8.5.1 Pós Mega Evento 1982/83.....	115
8.5.2 Pós Mega Evento 1997/98.....	116
8.6. Atualização dos Mapas de Degradação de Sousa, Sumé e Picuí.....	118
8.7. Degradação Ambiental de Sousa, Sumé e Picuí.....	126

9.CONCLUSÕES	150
9. CONCLUSÕES	151
9.1 RECOMENDAÇÕES	152

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	153
--	------------

ANEXOS

ANEXO 1	Questionários Aplicados	163
ANEXO 2	Certificados emitidos aos agentes treinados	169
ANEXO 3	Pluviometria, Paraíba, Sousa, Sumé e Picuí	171
ANEXO 4, 5 e 6	Mapas de Caminhamento (Sousa, Sumé e Picuí)	172
ANEXO 7	Amostras de salinidade	175

LISTA DE FIGURAS

FIGURA

1	Efeito ENOS na América do Sul.....	25
2	Condições normais no Pacífico.....	26
3.	Condições de El Niño no Pacífico.....	26
4.	Ascensão de águas frias oriundas do fundo do oceano.....	27
5.	Distribuição Global do ENOS.....	28

6.	Anomalias de Precipitação.....	31
7.	Esquemática das características atmosféricas e oceânicas.....	35
8.	Variabilidade da precipitação do SAN.....	36
9.	Condições de La Niña no Pacífico.....	38
10.	Localização das áreas teste de estudo no Estado.....	50
10.1	Imagens Quick Look – cena 215-64.....	80
11.	Imagens Quick Look – cena 215-65.....	82
12.	Imagens Quick Look – cena 216-65.....	83
13.	Composições RGB das Bandas 5, 4, 3 com contraste.....	92
14.	PCI das Bandas 5, 4, 3 – Picuí.....	95
15.	Imagem IVDN para os anos 1994 e 1999 – Piduí.....	96
16.	Composição multiespectral ajustada – Picuí.....	97
17.	Imagens IVDN classificadas e vetorizadas (Picuí).....	99
18.	Composição RGB das Bandas 5, 4, 3 (Sousa).....	100
19.	PC1 das Bandas 5, 4, 3 – Sousa.....	104
20.	Imagem IVDN – Sousa	105
21.	Composição multiespectral ajustada – Sousa.....	105
22.	Imagens IVDN classificadas e vetorizadas(Sousa).....	107
23.	Composição RGB das Bandas 5, 4, 3 (Sumé).....	108
24.	PC1 das Bandas 5, 4, 3 – Sumé.....	111
25.	Imagem IVDN – Sumé.....	112
26.	Composição multiespectral ajustada – Sumé.....	113
27.	Imagens IVDN classificadas e vetorizadas(Sumé).....	114
28.	Composição colorida RGB Bandas 7, 5, 3 (Sousa).....	118
29.	Composição colorida RGB Bandas 7, 5, 3 (Sumé).....	120
30.	Composição colorida RGB Bandas 3, 4, 5 (Picuí).....	122
31.	Banda 7 do Landsat 7 (Sousa).....	124
32.	Banda 3 do Landsat 7 (Sousa).....	125
34.	Serra do Pimenta – Sousa PB.....	115

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICOS

1.	Evolução da TSM em anos de EL Niño.....	30
2.	Evolução do Índice de oscilação Sul (IOS).....	30

3.	MEI (Índice Multivariado ENOS).....	34
4.	Medida do Índice de Oscilação Sul.....	39
5.	Curvas Típicas da Reflectância Espectral.....	45
6.	Precipitação média do Estado da Paraíba	68
7.	Precipitação média para as décadas de 70, 80 e 90 (Paraíba).....	69
8.	Médias pluviométricas para as regiões do Estado.....	72
9.	Médias pluviométricas referentes aos anos El Niño – Sousa.....	74
10.	Médias pluviométricas referentes ao período La Niña – Sousa.....	75
11.	Variação do efetivo bovino face aos ENOS.....	76
12.	Médias pluviométricas referentes aos anos El Niño – Picuí.....	76
13.	Médias pluviométricas referentes aos anos El Niño – Sumé.....	78

LISTA DE TABELAS

TABELA

1.	Anos de El Niño e La Niña (consenso).....	32
2.	Anos de El Niño e La Niña.....	39
3.	Divisão das classes de vulnerabilidade.....	62
4.	Diagnóstico socioeconômico e ambiental.....	63
5.	Vulnerabilidades globais para os municípios de Picuí, Sumé e Sousa.....	86

LISTA DE QUADROS

QUADRO

1.	Classificação Climática de Gaussen.....	51
2.	Elementos climáticos do município – Picuí PB.....	51
3.	Elementos climáticos do município – Sumé PB.....	52
4.	Elementos climáticos do Município – Sousa PB.....	53
5.	Exemplo da apresentação dos valores de x.....	89

LISTA DE FOTOS

FOTO

1	Agentes de Saúde do Município de Sousa em treinamento.....	61
1.1	Vista parcial do Ginásio de Esportes de Pio X.....	89
2.	Aspecto da caatinga durante a estação seca e durante o período chuvoso.....	93
3.	Área de sisal abandonada e vegetação natural.....	94
4.	Aspecto da paisagem da região (Picuí).....	98
5.	Manchas de salinização de São Gonçalo.....	101

6.	Área de solo exposto e carnaúbas queimadas.....	102
7.	Coqueiros mortos em Sousa devido ao estresse hídrico.....	102
8.	Desmatamento e lenha para comercialização.....	106
9.	Caatinga desmatada.....	109
10.	Aspecto atual do açude de Sumé.....	110
11.	Pastagens período chuvoso e pastagens secas entre algarobas.....	110
12.	Caatinga com clarões degradados e solo exposto.....	114
14.	Núcleo de Desertificação de Picuí.....	132
15.	Aspecto da erosão dos solos.....	132
16.	Aspecto do núcleo de desertificação Picuí, que tem sofrido uma pressão demográfica intensa.....	133
17.	Aspecto de um pequeno núcleo de desertificação.....	134
18.	Aspecto de um dos núcleos de desertificação do Município de Sousa.....	134
19.	Aspecto de um dos núcleos de desertificação do Município de Sumé.....	135
20.	Área de garimpo abandonado em Picuí PB.....	136
21.	Casas abandonadas – Sumé PB.....	136
22.	Área com problemas de salinidade – Sousa PB.....	137
23.	Aspecto de áreas de solos expostos com vegetação após período chuvoso	138
24.	Voçoroca em área de degradação grave – Picuí PB.....	139
25.	Área de degradação grave em Sousa.....	140
26.	Área de degradação grave. Sumé.....	140
27.	Mancha de solo exposto e pecuária extensiva.....	141
28.	Juremas e manchas de solo exposto – Sumé PB.....	142
29.	Área de retirada de material – Picuí PB.....	142
30.	Fruteiras em área com nível de degradação moderado - Picuí PB.....	143
31.	Clarão de desmatamento em Sousa PB.....	144
32.	Vegetação arbustiva e caminho de animais. Sumé PB.....	144
33.	Nível de degradação moderado baixo- Picuí PB.....	145
34.	Área preparada para plantio – Sousa PB.....	146
35.	Área de pastagem – Sumé PB.....	146
36.	Vegetação semi-densa no período seco- Sumé PB.....	147
37.	Forragens verdes irrigada com água do Rio do Peixe– Sousa PB.....	148
38.	Área de encosta – Picuí PB.....	148
39.	Serra do Pimenta – Sousa PB.....	149

RESUMO

Neste trabalho foi realizado um estudo comparativo da vulnerabilidade sócio-econômica-ambiental da população rural dos municípios de Sousa, Sumé e Picuí, todos no semi-árido paraibano, e da degradação ambiental destes municípios, levando-se em consideração os efeitos dos eventos ENOS (El Niño oscilação sul) como catalisadores dos desastres das secas nestas regiões. Através do teste U (Assistat 6.2) foi possível atestar que efetivamente existe influência significativa à nível de 5% de probabilidade da influência do fenômeno El Niño sobre a pluviometria dos municípios de Sousa e Sumé e de 10% para Picuí. No estudo temporal de imagens Quick Look foi possível observar o efeito avassalador do mega evento El Niño 97/98 sobre o semi-árido paraibano e verificar que este efeito nem sempre acontece no mesmo período em que ocorre a instalação do evento. A partir da análise visual e do processamento digital das imagens do satélite Landsat, foi possível avaliar o efeito pós mega eventos El Niño 82/83 e 97/98, além de possibilitar a confecção dos mapas temáticos de degradação ambiental com a definição de oito níveis de degradação, possibilitando assim o estudo comparativo entre os níveis de degradação dos três municípios. Verifica-se que todos os municípios encontram-se com altíssimos índices de vulnerabilidade social, tecnológica, econômica e ambiental, o que aumenta o risco a desastre. Também se observa que em todos, o meio ambiente encontra-se bastante degradado, entretanto, o Município de Picuí é o que está em piores condições, totalmente desprovido de reservas nativas e com dois núcleos de desertificação em expansão que corresponde a 5,12% do seu espaço territorial.

ABSTRACT

The main objective of this work was to proceed a study of the socioeconomic-environmental vulnerability of the rural population of the municipalities of Sousa, Sumé and Picuí, located in the semi-arid region of the State of Paraíba, and the study of the environmental degradation, taking in account the effects of ENSO events (south El Niño oscillation) as catalytic of the disaster - drought in these regions. Through test U (Assistat 6,2) was possible to certify that an effectively significant influence to the level of 5% of probability of the El Niño phenomenon on the rainfall of the studied areas, exists. In the temporal analysis of the Quick Look images, was possible to observe this effect on the environment and that the effect nor always happens in the same period where the installation of the event occurs. The visual analysis and digital image processing of the Landsat 5 and 7 satellite images permitted to evaluate the effects of EL Niño events from 82/83 and 97/98. Also, based on the image analysis 8 degradation levels were defined. The results showed that all the 3 municipalities have a highest index of social, technological, economical and environmental vulnerability, increasing the risk to disaster. Also was observed that in all municipalities the environment is very serious degraded, but the municipality of Picuí is in worse conditions, totally unproved of native reserves and with two nuclei of desertification in expansion corresponding to 5.12% of its territorial space.

1. INTRODUÇÃO

Devido a uma compreensão crescente do ENOS como um fenômeno de mudança climática global, integrando processos oceânicos e atmosféricos, a produção de conhecimento científico sobre ENOS e o desenvolvimento de capacidades para um prognóstico confiável têm sido um ponto central da Agenda Científica Internacional (inclusive do IAI). A prontidão de diagnóstico e estado de alerta para o evento ENOS 1997/1998 transformou o fenômeno ENOS de uma área de interesse puramente científico em um tema de importância político nacional e internacional que dominou, de um modo geral, os meios de comunicação de massa em 1997/1998.

Os eventos ENOS 1982/1983 e 1997/1998 tiveram repercussões econômicas e políticas nas economias locais, regionais e mundiais.

Na América Latina as perdas e danos foram severos, particularmente no Peru e Equador. O evento 1982/1983 produziu perdas calculadas em US\$ 1 bilhão no Peru e US\$ 400 milhões no Equador (Camby, 1984).

Embora as estatísticas oficiais ainda não tivessem sido publicadas, as perdas no Peru para o evento 1997/1998 foram estimadas por Ballon (1998) em US\$ 2 bilhões, com 292 mortes no total, 80.217 casas destruídas ou danificadas e 252.665 Km de rodovias afetadas (Sato & Maskrey, 1998). O governo peruano investiu mais de US\$ 600 milhões na reconstrução pós ENOS, equivalente a 10% do orçamento interno da República, mesmo tendo as projeções de crescimento do PBI revisadas para baixo. Os desastres vinculados ao ENOS, combinados com a crise econômica na Ásia, foram em parte responsáveis pela evolução negativa dos mercados de capitais na região em 1998. Em outras palavras, o impacto do evento ENOS 1997/1998 ocupou um lugar central no enredo dos debates políticos sobre o desenvolvimento econômico e social do mundo.

1.1. Impactos Econômicos e Sociais do ENOS no Brasil

O evento “El Niño” de 1982/1983, marcado por excepcional elevação da temperatura da superfície do mar no Pacífico equatorial, causou grandes alterações climáticas no Brasil. Praticamente todo o sul e o sudeste apresentaram, nos trimestres março-abril-maio e junho-julho-agosto de 1983, precipitações que superaram os níveis normais de modo significativo. Tais excessos ocasionaram perdas totais significativas,

incluindo as não relacionadas com as safras agrícolas, estimadas em 780 milhões de dólares.

No Nordeste, analisando os efeitos das secas ocorridas no período 1979-83, Khan & Campos (1992) estimaram que, computando-se as cifras totais do período, chegasse aos números impressionantes de 1,6 milhões de toneladas de algodão; 1 milhão de toneladas de mandioca; 3 milhões de toneladas de milho e 952 mil toneladas de feijão, além de perdas em outros produtos.

Para evitar que a população não se deslocasse em massa, durante as secas de 1979 a 1983, foi necessário à criação, por meio de frentes de trabalho, de cerca de 500 mil vagas em 1979 (8,9% da PEA); 729 mil em 1980 (12,9% da PEA¹); 1,2 milhões em 1981 (21% da PEA) e **3,1 milhões em 1983** (cerca de 55% da PEA) (SUDENE, 1985).

Tanto a carência de chuvas como o excesso traz efeitos perversos para o meio ambiente. No Nordeste, entretanto, é na dimensão geoambiental, que as vulnerabilidades regionais se manifestam de modo mais grave, e é de se registrar os impactos negativos das estiagens prolongadas que atingem a produção agropecuária, a população e a economia regional em seu conjunto, esperando-se, inclusive, que, com as mudanças climáticas provocadas pelo El Niño os problemas climáticos e conseqüentemente os econômicos e sociais do Nordeste venham a se agravar no futuro.

1.2. Importância Internacional

As respostas políticas ao evento ENOS 1997/1998 incluíram importantes empréstimos do Banco Mundial e do Banco Interamericano de Desenvolvimento para a redução de riscos, resposta à emergência e reconstrução, totalizando, no Peru, US\$ 300 milhões. O envolvimento destes atores e a dimensão dos investimentos transformaram a gestão dos riscos a desastre ENOS de um tema nacional em certos países em um tema de relevância internacional. Os enfoques adotados pelas agências internacionais se tornaram um tema central de foros importantes de políticas como o Diálogo Interamericano para a Redução de Desastres (Maskrey, 1998).

¹ PEA- População economicamente ativa

Até agora a pesquisa sobre ENOS tem sido dominada pela pesquisa das ciências naturais sobre o fenômeno em si. Há muito pouca pesquisa sistemática sobre os riscos associados ao ENOS nas áreas e países afetados enfocando processos sociais, econômicos, territoriais, as políticas que estão na base de tais riscos e a relevância, efetividade e eficiência dos sistemas organizacionais, estrutura e enfoques aplicados na gestão e redução dos riscos a desastre ENOS. A pesquisa comparativa nestas áreas propostas no programa explora territórios novos, preenchendo uma lacuna importante no conhecimento sobre os riscos a desastre ENOS e sua gestão e contribuição à compreensão de um tema crucial na mudança global e na região como um todo.

O projeto sobre gestão de riscos a desastre ENOS na Paraíba está elaborado para consolidar uma rede de pesquisa comparativa, informativa e de capacitação desde uma perspectiva social.

A presente proposta de tese de doutorado está inserida dentro de 2 projetos:

- a) **Gestão de Riscos a Desastre ENOS no Estado da Paraíba**, parte do Projeto de Pesquisa de LA RED² “**Gestão de Riscos de Desastre ENOS na América Latina: Uma Proposta para a Consolidação de uma Rede Regional de Pesquisa Comparativa, Informação e Capacitação desde uma Perspectiva Social**” vinculado ao Programa de Redes de Pesquisa Cooperativa (CNR) do Instituto Inter-Americano para a Pesquisa das Mudanças Globais (IAI) correspondente ao tema da Agenda/IAI “**Avaliação Integrada, Dimensões Humanas e Aplicações**”. O Programa preenche uma lacuna importante na comparação e na compreensão científica dos riscos a desastre, associada aos eventos ENOS e nas relações entre a acumulação dos riscos e dos modelos práticos de desenvolvimento não-sustentável. Ao mesmo tempo aumenta a compreensão dos sistemas organizacionais, estruturas e enfoques usados para gestão dos riscos a desastres ENOS.

- b) **Estudo da Degradação Ambiental e das Vulnerabilidades Agrícolas frente aos Desastres ENOS no semi-árido Paraibano**, financiado pelo CNPq.

² LA RED – Rede de Estudos Sociais para a Prevenção de Desastres na América Latina

2. Objetivo Geral

- Um estudo de três regiões distintas do semi-árido paraibano (Sousa, Sumé e Picuí), avaliando o efeito ENOS no semi-árido, as vulnerabilidades tecnológicas, econômicas, sociais e ambientais, bem como os níveis de degradação ambiental em que se encontram estes municípios.

2.1 Os objetivos específicos foram:

- Estudar o efeito dos desastres ENOS no meio ambiente através do estudo temporal e espacial realizado nas regiões estudadas do semi-árido paraibano a partir de dados pluviométricos, imagens de satélite e do tratamento digital de imagens, avaliando e geoprocessando estas informações.
- Criar uma metodologia definida e adequada ao estudo dos riscos a desastre dos eventos ENOS capaz de quantificar as vulnerabilidades para o semi-árido paraibano.
- Estudar pela análise comparativa os níveis de degradação ambiental dos três municípios, formulando uma metodologia, hipóteses e os padrões dos riscos a desastres ENOS.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Desastres

Um desastre pode ser definido como:

1. Um evento que ocorre, na maioria dos casos de forma repentina e inesperada, causando sobre os elementos submetidos, alterações intensas, representadas pela perda de vida e saúde da população, a destruição ou perda dos bens de uma população, a destruição ou perda dos bens de uma coletividade e/ou danos severos sobre o meio ambiente (Cardona, 1993).
2. Um evento identificado no tempo e espaço, no qual uma comunidade vê afetado seu funcionamento normal, com perdas de vidas e danos de magnitude em suas propriedades e serviços, que impedem o cumprimento das atividades essenciais e normais da sociedade (ONAE, 1987).
3. Uma relação entre um risco, seja natural ou provocado pelo homem (por exemplo: um terremoto) e uma condição vulnerável, como casas construídas em uma situação perigosa (Davis, 1980).
4. Uma ocasião de crise ou estresse social observado no tempo e no espaço em que a sociedade ou seus componentes (comunidades, cidades, regiões, etc.) sofrem danos ou perdas físicas e alterações em seu funcionamento rotineiro, que exigem a participação de agentes, instituições ou organizações externas em sua atenção e resolução. Tanto as causas como as conseqüências dos desastres são produto de processos que se desenvolvem no interior da sociedade (Quarentelli, 1994).
5. A interação entre um fenômeno geofísico extremo e uma condição vulnerável, que se traduz em perdas econômicas e humanas em uma escala totalmente fora das capacidades e recursos da administração local (Aysan & Oliver, 1987).

Os desastres têm-se convertido em um problema central e crítico nas economias regionais e em seus centros urbanos. Estima-se que nos anos sessenta foram afetados anualmente 27 milhões de pessoas por inundações, ciclones, terremotos e secas; e nos anos setenta, esta cifra aumentou para 48,3 milhões, sem que houvessem evidências de mudanças climáticas ou geográficas significativas (Wijkman e Timberlake, 1984).

O termo desastre é usado para descrever uma ampla variedade de eventos, desde aqueles cuja ocorrência se considera que se deve a fenômenos exclusivamente físicos, como terremotos, furacões, erupções vulcânicas, etc., até aqueles cuja origem se

considera exclusivamente humano, tais como as guerras e os acidentes industriais. Entre estes dois extremos existe um amplo espectro de desastres, como por exemplo fome, inundações e deslizamentos, os quais são provocados pela combinação de fatores físicos e humanos.

Um impacto ambiental considerado como desastre pode ter uma dimensão variável em termos de volume, tempo e espaço.

Ainda que cientificamente todo impacto ambiental intenso se considera um desastre, é comum que as pessoas reconheçam como desastres apenas aqueles que modificam significativamente o volume ou a distribuição da população humana.

É comum confundir o uso dos termos: fenômeno natural e desastre natural. Fenômenos naturais como terremotos, inundações, secas e ciclones se convertem em sinônimos de desastres naturais.

Ainda que fenômenos naturais como terremotos são altamente destrutivos não necessariamente causam desastre. Por exemplo, um terremoto que ocorre em um deserto desabitado não pode ser considerado um desastre, ainda que seja de forte intensidade. Um terremoto só causa desastre quando afeta diretamente ou indiretamente o homem e suas atividades em um lugar e tempo determinado.

Em geral, se considera como desastre natural a coincidência entre um fenômeno natural perigoso (inundação, terremoto, seca, ciclone, etc.) e determinadas condições vulneráveis. Existe o risco de ocorrer um desastre quando um ou mais perigos naturais se manifestam em um contexto vulnerável (Maskrey, 1989).

Existe uma dificuldade real para definir a duração de um desastre. Em um extremo da escala do tempo poderiam classificar-se: a) como impactos instantâneos desastres provocados por eventos como terremotos, erupções vulcânicas ou acidentes aéreos e b) como impactos prolongados como a **desertificação**, a fome e as guerras, eventos que usualmente são mais severos em termos demográficos (Cardona, 1993).

A área de influência de um acidente aéreo ou de uma erupção vulcânica, por exemplo, é considerada geralmente como pequena e discreta, **enquanto uma seca**, uma fome ou uma epidemia pode chegar a ser de grandes dimensões, inclusive de ordem continental, transcendendo às vezes fronteiras políticas (Cardona, 1993).

A interminável seqüência de secas que vem castigando o nordeste brasileiro tem sido geralmente considerada como um fator central, se não preponderante, de origem histórica da decadência econômica da região (Palácios, 1996).

Os momentos de crises por que passam milhões de nordestinos quando ocorre uma seca, não são suficientes para explicar o statu-quo permanente de uma condição vulnerável (Gareis et al., 1997).

A profunda vulnerabilidade da maioria da população que habita esta vasta região do interior se manifesta através de fatores como a inexistência de reservas naturais ou artificiais de água, escassez de alimentos, incapacidade para armazená-los, falta de prevenção, dependência dos agregados e dos trabalhadores em geral para com os grandes proprietários, ausência de um comércio interno, etc. Condições que podem qualificar-se de vulnerabilidade permanente, a que está sujeito cotidianamente o sertanejo, incapaz de escapar de uma vida plena de necessidades e sem alternativa alguma para enfrentar a calamidade causada pela seca (Gareis, et al, 1997).

Os que gerenciam os desastres no setor público não têm levado a cabo uma evolução sistemática dos aspectos operacionais e de formulação de políticas que enfrentarão durante a presente década. Aspectos chaves que terão que considerar incluem: o desenvolvimento de um entendimento mais claro de desastre; um reconhecimento de que os desastres são eventos sociais; uma apreciação da mudança crescente de ameaças as quais estão expostas as pessoas; a aplicação de tecnologias na gestão de desastres e operações para enfrentá-los (Lavell, 1993).

Levando-se em consideração as condições climáticas, o interior nordestino é classificado como uma área de alto risco, onde há necessidade de se desenvolver uma política de prevenção e mitigação dos impactos da seca sobre a população carente. Pelos dados da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE,1986), é no Nordeste que temos a população mais pobre e carente do Brasil. Dessa maneira podemos compreender a vulnerabilidade desta grande população frente aos problemas da seca, que embora seja um fenômeno natural, aqui ela se converte em um verdadeiro desastre (Barbosa e Santos, 1998).

Rodrigues (1998) adverte que a sociedade não aparece na fórmula, seja como objeto de estudo ou como objeto de ação e mudança, no que diz respeito a seus padrões de comportamento e de incidência na configuração da questão ambiental no semi-árido brasileiro.

As ameaças naturais, como seca, inundações, erupções vulcânicas, terremotos, etc, não são sinônimos de desastres naturais (Cardona, 1993). Acosta (1996) e Medina (1992) esclarecem que os desastres somente ocorrem quando uma ameaça surge em

condições vulneráveis, salientando ainda que as ameaças ocorridas em áreas desabitadas ou onde as atividades econômicas padrões não são vulneráveis, não causam desastres.

Os desastres devem ser entendidos como fenômenos de caráter eminentemente social, não apenas em termos do impacto que os caracteriza, mas também em termos de suas origens (Lavell, 1993). A desarticulação das economias rurais, caracterizada pela perda da capacidade produtiva do solo e pela descapitalização dos produtores, consiste num fator causal de desastres (Maskrey, 1989). Observa-se ainda, que o **desmatamento e a degradação do solo** pelas atividades humanas são as principais causas de processos de degradação em regiões semi-áridas do planeta (FAO, 2002).

Adas & Adas (1998) afirmam que a degradação do meio-ambiente está intimamente relacionada ao modelo de desenvolvimento econômico adotado. Portanto, este também pode ser considerado um fator causal de desastres, pois contribui na formação de situações vulneráveis.

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. O ontem, o hoje e o amanhã se apresentam não apenas enquanto seqüência cronológica linear, mas como um processo contínuo, onde o que se é hoje e as chances de se ser amanhã decorrem em um processo histórico, cujos limites são ditados pela inter-relação de forças complexas, contraditórias e complementares, que são, ao mesmo tempo, sujeito e objeto desse mesmo processo (Sousa, 1994).

A análise da vulnerabilidade local deve ser o ponto de partida para identificação de uma mitigação sustentada da organização social, na qual tanto o conhecimento científico como o tecnológico podem levar a um novo rol (Medina & Romero, 1992). Quando o termo vulnerabilidade se adjetiva com o social, se faz referência a um conceito complexo, dirigido às condições sociais globais dentro de um grupo ou comunidade humana, caracterizando os ângulos de susceptibilidade a receber danos devido à ocorrência de um determinado fenômeno natural (Macías, 1998).

O uso do geoprocessamento no estudo da degradação ambiental, bem com no dos riscos a desastre resultante da interação ambiente semi-árido X 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 & Bello (1993), Medina (1994), Silva Neto & Barbosa (1996), Maskrey (1998), Barbosa & Santos (1998), Barbosa et al. (1999) e Cândido (2000).

3.2. El Niño

A cada ano, problemas climáticos extremos ocorrem ao redor do globo, com secas em alguns lugares e inundações em outros. Recentemente, tem-se chegado a reconhecer que alguns destes severos impactos climáticos, dispersos pelo mundo, poderiam ter uma origem comum relacionada com os esquentamentos periódicos das águas superficiais do oceano Pacífico Central e Equatorial. Há um século os peruanos relacionaram a aparição destas águas cálidas em dezembro com mudanças ambientais e batizaram como “EL Niño”, termo que se refere ao nascimento do menino Jesus. Em certos anos, EL NIÑO se prolonga e parece estar conectado com as secas na Austrália, Brasil e Índia, a redução de furacões tropicais que chegam a costa leste dos Estados Unidos e as inundações no Peru. (Glantz, 1998).

El Niño é uma ruptura do sistema oceano-atmosfera no Pacífico Tropical, tendo importantes conseqüências para o tempo em todo o globo terrestre (Figura 1). Entre essas conseqüências estão o aumento da precipitação no Sul da América do Sul, atingindo proporções catastróficas como em 1983, e seca nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, no mesmo período (BRASIL, 1997).

Estudos indicam que principalmente três regiões no Brasil: semi-árido do Nordeste, norte e leste da Amazônia, sul do Brasil e vizinhanças são afetadas de maneira pronunciada pelas mudanças na circulação atmosférica durante os episódios de El Niño. A Região Sul do Brasil é afetada por aumento de precipitação, particularmente durante a primavera no primeiro ano e posteriormente o fim do outono e início do inverno no segundo ano. O norte e o leste da Amazônia e o Nordeste do Brasil são afetados pela diminuição da precipitação, principalmente no último, entre fevereiro e maio, quando se tem a estação chuvosa do semi-árido. O Sudeste do Brasil apresenta temperaturas mais altas, tornando o inverno mais ameno. Já para as demais regiões do país os efeitos são menos pronunciados e variam de um episódio para o outro. A Figura 1 representa os efeitos ENOS na América do sul.

EFEITOS DO FENÔMENO EL NIÑO/OSCILAÇÃO SUL (ENOS) NA AMÉRICA DO SUL

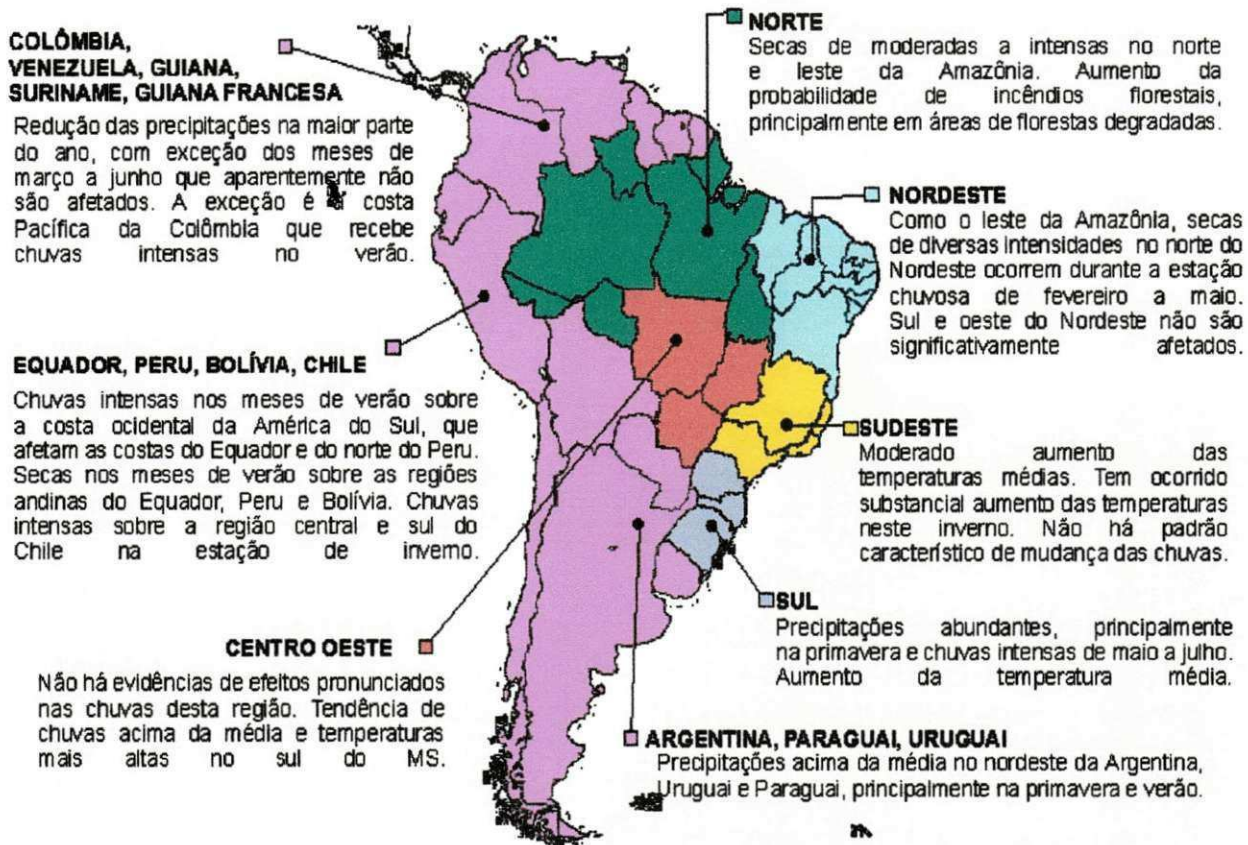


Figura 1. Efeito ENOS na América do Sul. Fonte: CPTEC (2001).

Este fenômeno, que se apresenta normalmente em intervalos de dois a sete anos, caracteriza-se pela mudança de temperatura na superfície do mar e da atmosfera. Em anos que El Niño está presente, a evolução típica do fenômeno inicia no começo do ano, atinge sua máxima intensidade durante dezembro do mesmo ano (e janeiro do próximo ano), enfraquecendo-se na metade do segundo ano. Entretanto, com as alterações climáticas que vêm ocorrendo no planeta, tanto a periodicidade quanto a duração ou mesmo a época têm variado (BRASIL, 1997).

Durante o desenvolvimento de um episódio do fenômeno ENOS, envolvendo El Niño ou La Niña, ocorrem anomalias climáticas em cerca de 20 regiões no mundo (Cunha, 1995).

Em condições normais, de não ocorrência de El Niño, os ventos alísios sopram em direção ao oeste, no Oceano Pacífico (Figura 2). Esses ventos forçam as águas quentes superficiais em direção ao Pacífico Ocidental, de tal modo que a superfície do mar

é cerca de 50 cm mais elevada na Indonésia do que no Equador. A temperatura do mar é cerca de 8°C maior na região ocidental tornando-se mais fria próxima à costa da América do Sul, devido à ascensão de águas mais frias oriundas das profundezas do Oceano.

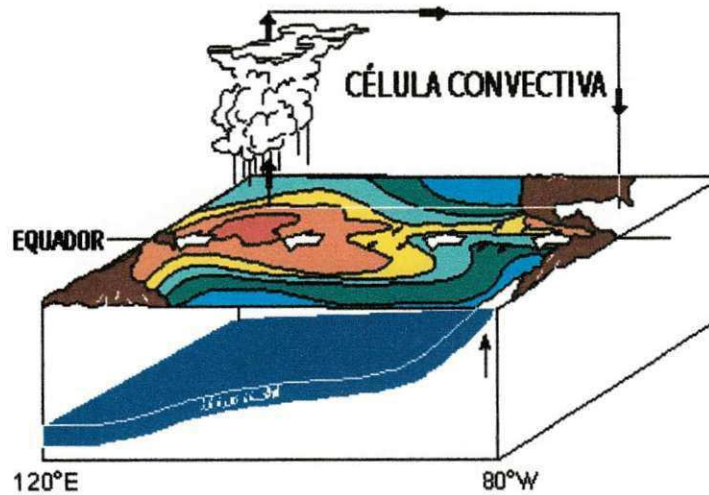


Figura 2. Condições normais no Pacífico. Fonte: NOAA (2002).

Durante o El Niño os ventos alísios se enfraquecem nas regiões ocidental e central do Pacífico, aumentando a profundidade que as águas quentes atingem no leste e diminuindo esta profundidade no oeste (Figura 3).

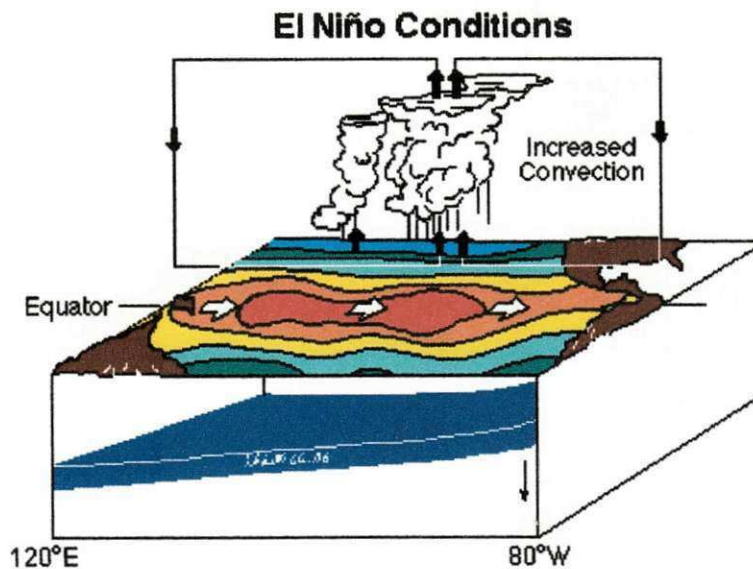


Figura 3. Condições de El Niño no Pacífico. Fonte: NOAA (2002).

Na Figura 4, temos uma representação da ascensão de águas frias oriundas do fundo dos Oceanos.

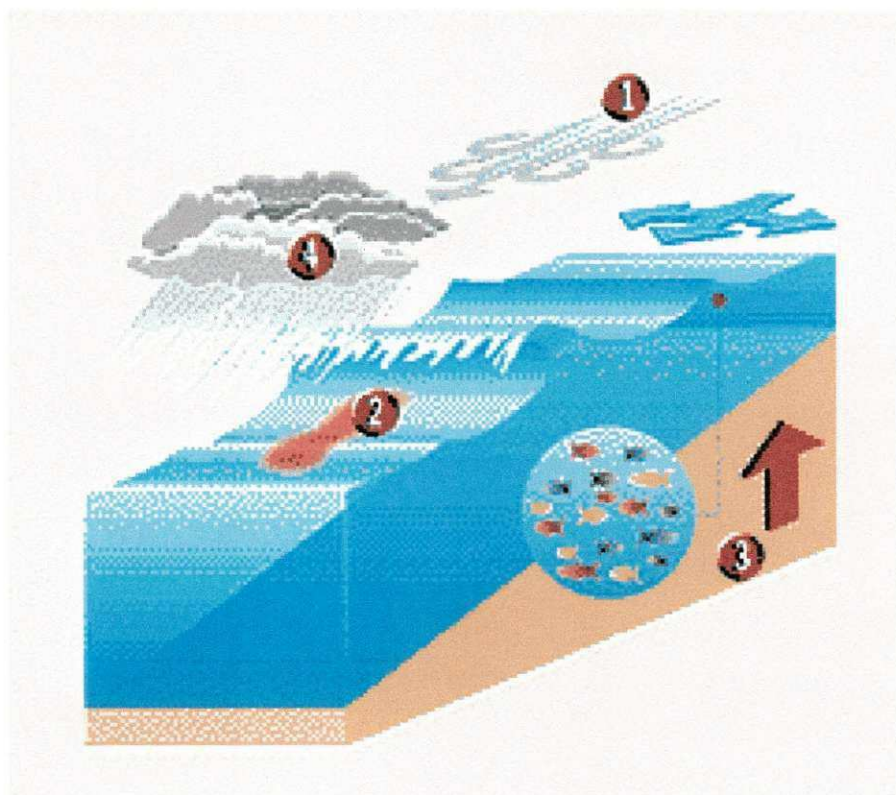


Figura 4. Ascensão de águas frias oriundas do fundo dos Oceanos. Fonte: Brasil (1997)

Normalmente os ventos tropicais (1) sopram em direção à Ásia (de leste para oeste) nesta área do oceano Pacífico, "empilhando" as águas mais aquecidas, no setor oeste do mesmo, fazendo com que o nível do oceano na Indonésia fique cerca de meio metro acima do nível da costa oeste da América do Sul. A temperatura na superfície do mar é cerca de 8°C mais elevada no (2) setor oeste (região da Indonésia e setores norte/nordeste da Austrália), sendo que a temperatura menor na costa oeste da América do Sul deve-se as águas frias que sobem (3) de níveis mais profundos do oceano. Estas águas frias são ricas em nutrientes permitindo a manutenção de diversos ecossistemas marinhos, atraindo cardumes. Em anos sem El Niño há forte movimento ascendente (formação de nuvens e conseqüente chuvas) (4), no setor oeste (região da Indonésia e setores norte/nordeste da Austrália) e movimento subsidente (de cima para baixo, de ar seco e frio) na parte leste, em particular na costa oeste da América do Sul. Este fato inibe a formação de nuvens acarretando ocorrência de pouca chuva nessa última região.

3.2.1. El Niño e o Clima

O aumento dos fluxos de calor sensível e de vapor d'água da superfície do Oceano Pacífico Equatorial para a atmosfera, sobre as águas quentes, provoca mudanças na circulação atmosférica e na precipitação em escala regional e global, que, por sua vez, provocam mudanças nas condições meteorológicas e climáticas em várias partes do mundo (BRASIL, 1997).

A Figura 5, mostra a distribuição global dos efeitos conhecidos do El Niño, nos períodos jun/ago e dez/fev.

Estudos indicam que três regiões no Brasil, o semi-árido do Nordeste, o norte e o leste da Amazônia e o sul do Brasil são afetadas de maneira pronunciada pelas mudanças na circulação atmosférica durante o episódio das oscilações do EL Niño.

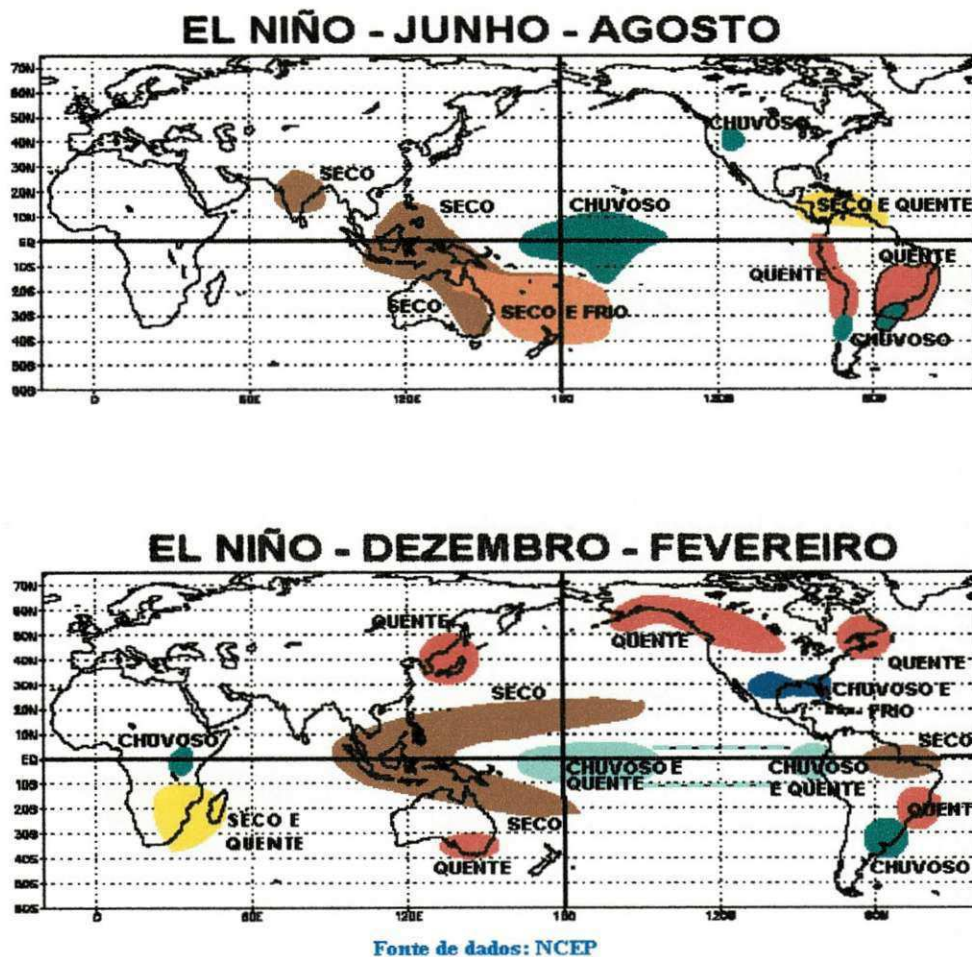


Figura 5. Distribuição global do ENOS.

Em 1983, o Comitê Científico de Pesquisas Oceânicas (SCOR), definiu como parâmetro básico para a determinação da intensidade do fenômeno El Niño, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) acima da normal, durante vários meses do verão do hemisfério sul, e com uma nomenclatura apropriada, denominou, assim a intensidade do fenômeno:

W/M - Fraco a moderado (de 0 a 2 °C).

M - Moderado (de 2 a 3 °C).

S - Forte (de 3 a 5 °C).

S⁺ - Ligeiramente forte (de 5 a 7 °C).

VS - Muito forte (de 7 a 12 °C)

A Oscilação Sul (OS), caracteriza-se por uma "gangorra barométrica" de grande escala observada sobre a Bacia do Pacífico Tropical. A OS funciona como um balanço de massa atmosférica de grande escala, envolvendo trocas de ar entre os hemisférios leste e oeste, centrado nas latitudes tropicais e subtropicais, sendo que os centros de ação localizam-se sobre a Indonésia e no Oceano Pacífico Tropical Sul. Esses centros de ação estão ligados por uma célula de circulação de grande escala no sentido zonal, isto é de leste-oeste (FUNCEME, 2001).

A OS pode ser descrito de uma maneira simples, como um equilíbrio na pressão ao nível do mar entre as áreas de baixa pressão que se estendem desde a África até o norte da Austrália e a de alta pressão do Sudeste do Pacífico. Esta configuração gera um movimento de ar ascendente na primeira região, e um movimento descendente na segunda. O ar frio, descendente, esquenta nas proximidades da América do Sul e se desloca em direção a Indonésia e ao norte da Austrália (Melo et al., 1998).

O El Niño - Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de interação atmosfera-oceano, associado a alterações dos padrões normais da TSM e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e a Austrália. Além da temperatura do mar, o fenômeno ENOS pode ser medido pelo Índice de Oscilação Sul (IOS), que é a diferença média da pressão ao nível do mar entre os setores do centro-leste (Taiti/Oceania) e oeste (Darwin/Austrália) do Pacífico Tropical. Esse índice está relacionado ao aquecimento/resfriamento das águas na região (CLIMERH, 2001).

A comparação dos índices de temperaturas da superfície do mar, em diferentes eventos El Niño, e a evolução dos Índices de Oscilações Sul (IOS), podem ser vistos nos Gráficos 1 e 2 (CPTEC/INPE, 2001).

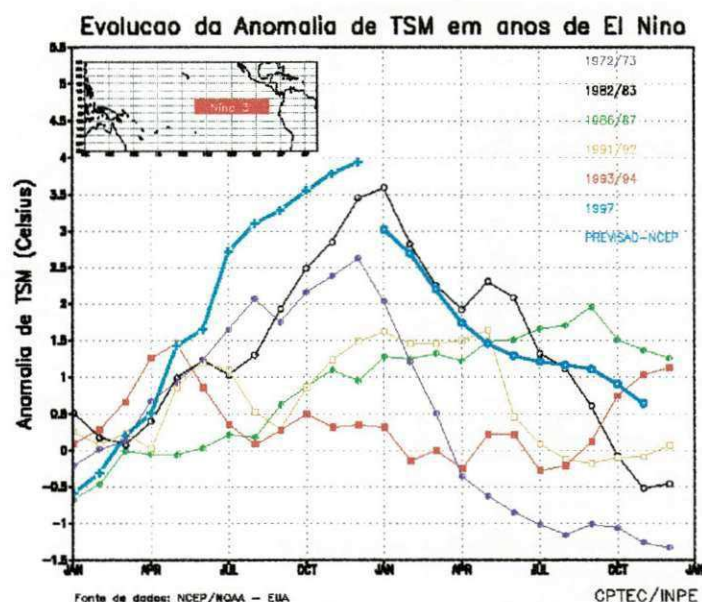


Gráfico 1. Evolução da TSM em anos de El Niño

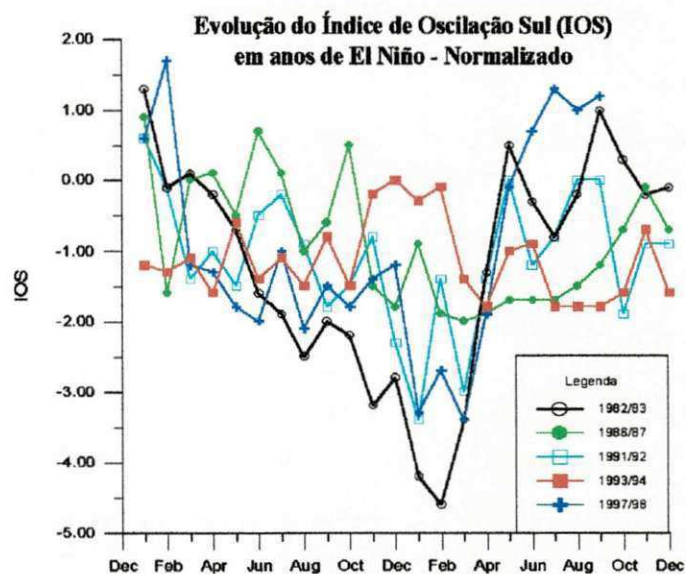


Gráfico 2. Evolução do Índice de Oscilação Sul (IOS), em anos de El Niño: CPTEC (2001).

As distribuições mensais de anomalias de precipitação na Região Nordeste do Brasil durante nove episódios de El Niño ocorridos nos últimos 50 anos são mostradas na Figura 6. Sobre o Nordeste, as anomalias de precipitação foram em geral negativas nos

meses da estação chuvosa do semi-árido (fevereiro a maio) do segundo ano da duração do episódio. Os mapas compostos são baseados em nove eventos de El Niño no período considerado, e pode-se afirmar que os resultados são significativos. No Sul, analisando-se 10 episódios, as anomalias de precipitação foram predominantemente positivas, principalmente na primavera do primeiro ano e outono do segundo ano.

Anomalias de Precipitação em anos de El Niño(+1)

52, 54, 58, 66, 70, 73, 77, 83, 87

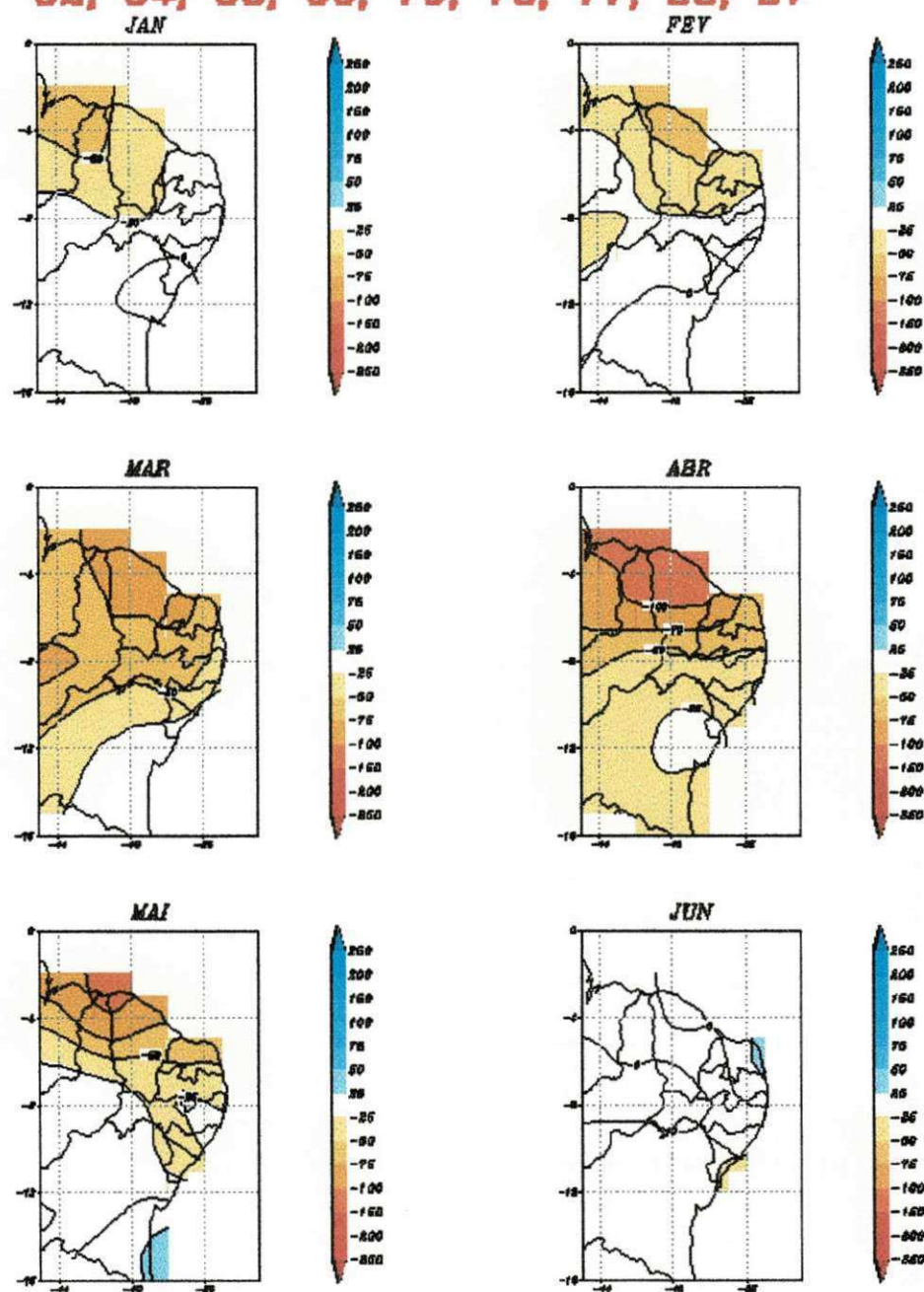


Figura 6. Anomalias de precipitação. Fonte: CPTEC/INPE (2001).

3.3. Anos de El Niño e La Niña (consenso)

Os anos de El Niño e La Niña desde 1950 a 2003 estão sintetizados na Tabela 1 de consenso.

Tabela 1 - Lista de consenso dos anos El Niño e La Niña

INVERNO	WRCC	CDC	CPC	MEI	EC	CONSENSO
1950-51	C+	C	C	C-	C	LA NIÑA MODERADO
1951-52	W+		W-	W-		EL NIÑO FRACO
1952-53					W-	NEUTRO
1953-54	W		W-			NEUTRO
1954-55			C	C+	C	LA NIÑA MODERADO
1955-56	C+		C+	C+	C	LA NIÑA FORTE
1956-57	C		C-	C+		LA NIÑA FRACO
1957-58	W	W	W+	W+	W+	EL NIÑO FORTE
1958-59			W+		W-	NEUTRO
1959-60						NEUTRO
1960-61						NEUTRO
1961-62				C-		NEUTRO
1962-63				C-		NEUTRO
1963-64	W		W-	W-	W-	EL NIÑO FRACO
1964-65	C		C	C+	C-	LA NIÑA MODERADA
1965-66	W+	W	W	W+	W	EL NIÑO MODERADO
1966-67						NEUTRO
1967-68				C-		NEUTRO
1968-69			W		W	NEUTRO
1969-70	W		W	W-	W-	EL NIÑO FRACO
1970-71	C		C	C+	C	LA NIÑA MODERADO
1971-72	C		C-	C+		LA NIÑA FRACA
1972-73	W+	W	W+	W+	W	EL NIÑO MUITO FORTE
1973-74	C+	C	C+	C+	C+	LA NIÑA FORTE
1974-75	C		C-	C+	C-	LA NIÑA FRACA
1975-76	C+	C	C+	C+	C	LA NIÑA FORTE
1976-77	W		W-	W-	W-	EL NIÑO FRACO
1977-78	W+		W-	W-	W-	EL NIÑO FRACO
1978-79						NEUTRO
1979-80			W-	W-	W-	EL NIÑO FRACO
1980-81						NEUTRO
1981-82						NEUTRO
1982-83	W+	W	W+	W+	W+	EL NIÑO MUITO FORTE
1983-84			C-		C-	NEUTRO
1984-85			C-		C-	NEUTRO
1985-86						NEUTRO
1986-87			W	W+	W	EL NIÑO MODERADO

1987-88	W+	W-	W	W+	W	EL NIÑO MODERADO A FORTE
1988-89	C+	C-	C+	C+	C+	LA NIÑA FORTE
1989-90						NEUTRO
1990-91			W+		W-	NEUTRO
1991-92	W	W	W+	W+	W+	EL NIÑO FORTE
1992-93	W		W+	W-	W-	EL NIÑO FRACO A MODERADO
1993-94	W+		W	W-		EL NIÑO MODERADO A FRACO
1994-95	W+		W	W+	W-	EL NIÑO – MODERADO A FORTE
1995-96			C-		C-	NEUTRO
1996-97						NEUTRO
1997-98	W+	W	W+	W+	W+	EL NIÑO MUITO FORTE
1998-99	C+		C	C-	C	LA NIÑA MODERADO
1999-00			C	C+	C+	LA NIÑA FORTE
2000-01	C	C	C-	C-		LA NIÑA MODERADO
2001-02						
2002-03					W	EL NIÑO MODERADO

WRCC – Western Region Climate Center

CDC – Climate Diagnostics Center

CPC – Climate Prediction Center

MEI – Multivariate ENSO Index

EC – Environment Canadá

Magnitudes do evento EL Niño: W+ = forte; W = Moderado; W- = fraco

Magnitudes do evento La Niña: C+ = forte; C = Moderado; C- = fraco

Chegou-se a esta lista de consenso³ sobre os eventos ENSO a partir da análise dos anos que aparecem em 3 das quatro listas (colunas) da tabela acima. Obviamente nota-se que há alguma sobreposição das variáveis usadas nas diferentes metodologias mas não houve tentativa de se dar pesos diferenciados às listas. Quando o WRCC, o CPC, o EC³ e MEI indicam W+ e o CDC dá um W (a categoria mais forte deles), então a estação foi considerada como de um evento muito forte. Por outro lado, a “força” (magnitude) foi determinada a partir da “média” da “intensidade” do evento encontrado.

O Gráfico 3 representa as variações dos índices multivariados ENOS que exprimem as magnitudes dos eventos ENOS. Quando positivos indicam El Niño e quando negativos indicam La Niña.

³ www.ggweather.com/ens0

Os valores W+, W e W- ; C+, C e C- do EC foram atribuídos por Barbosa, 2003

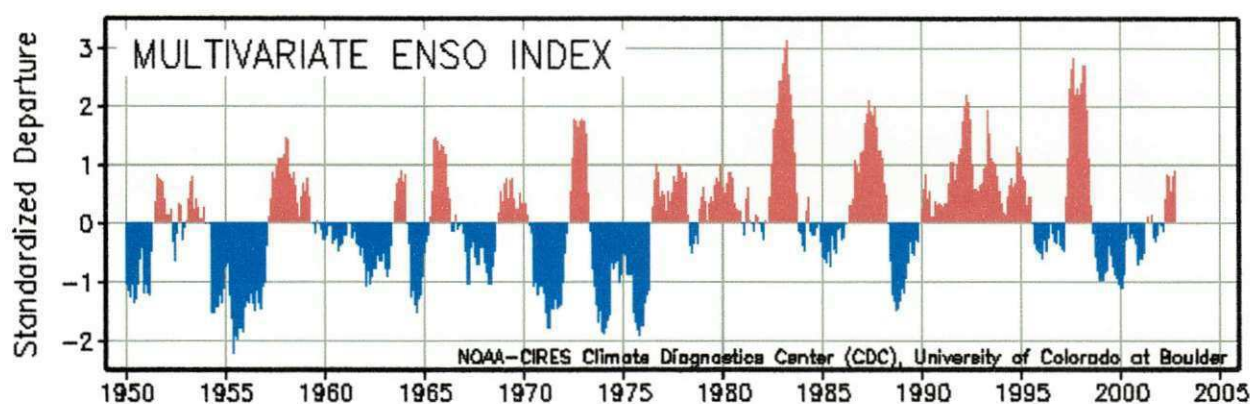


Gráfico 3 : MEI (índice multivariado ENOS) - Os picos acima do 0 (em vermelho) indicam as ocorrências e as magnitudes do El Niño. Os vales abaixo do 0 (em azul) indicam as ocorrências e as magnitudes do La Niña. Fonte: NOAA (2002)

O índice multivariado ENOS é baseado em seis principais variáveis observadas sobre o Pacífico Tropical. Estas seis variáveis são: Pressão do nível do mar; componentes zonal e meridional do vento na superfície; temperatura superficial do mar; temperatura do ar na superfície e fração total de nebulosidade do céu.

3.4. - Influência das Condições Termodinâmicas Sobre o Oceano Atlântico Tropical

Apesar dos numerosos estudos relacionando os padrões anômalos da circulação atmosférica e precipitação sobre algumas regiões da América do Sul, com as TSMs anômalas no Pacífico equatorial (associadas aos eventos ENOS), alguns trabalhos consideraram no entanto, que o efeito desse fenômeno não explica totalmente os padrões climáticos anômalos observados, já que, várias análises de correlações indicaram que o ENOS explica somente em torno de 10% da variabilidade de precipitação sobre o nordeste brasileiro, (Hastenrath e Heller, 1977; Kousky et al., 1984; Hastenrath e Greischar, 1993).

Por outro lado, estudos têm mostrado evidências observacionais que a variabilidade interanual das TSMs sobre o Oceano Atlântico tropical também exercem influências marcantes na distribuição de precipitação sobre as áreas tropicais do continente Americano (Hastenrath e Heller, 1977; Markham e McLain, 1977; Moura e Shukla, 1981; Nobre e Shukla, 1981; Chung, 1982; Nobre, 1993).

Hastenrath e Heller (1977) e Markham e McLain (1977) mostraram que o sistema de pressão denominado de Alta Subtropical do Atlântico Norte configurando-se

mais intenso do que o normal, em combinação com uma um sistema de alta pressão denominado de Alta Subtropical do Atlântico Sul mais fraco do que o normal, estão associados com o deslocamento anômalo da ZCIT mais ao sul do equador, favorecendo a ocorrência de precipitações acima do normal no NEB. O padrão das Altas Subtropicais configurando-se inversamente ocasionam precipitações abaixo do normal no NEB.

O mecanismo que explica a distribuição de precipitação acima ou abaixo do normal sobre o NEB (Nordeste brasileiro) e áreas adjacentes (como o leste da Amazônia) está relacionado diretamente com a intensificação e o deslocamento norte-sul da ZCIT, o qual está intimamente associado ao Padrão de Dipolo norte-sul de TSMs anômalas sobre o Atlântico Tropical. Os experimentos numéricos realizados por Moura e Shukla, (1981) indicaram que as anomalias de TSM suficientemente quentes localizadas especialmente no oeste do Atlântico tropical norte tendem a ancorar e manter a ZCIT nessa região.

A Figura 7 mostra esquematicamente como funciona o mecanismo físico oceano/atmosfera (no período de fevereiro a maio) na Bacia do Oceano Atlântico Tropical associado a anos de ocorrência de seca ou chuvas mais intensas na Região SAN (semi-árido nordestino). Estas figuras resumizam as respostas observacionais, e modelagem de todos os estudos mencionados acima sobre a Bacia do Oceano Atlântico Tropical e proximidades.

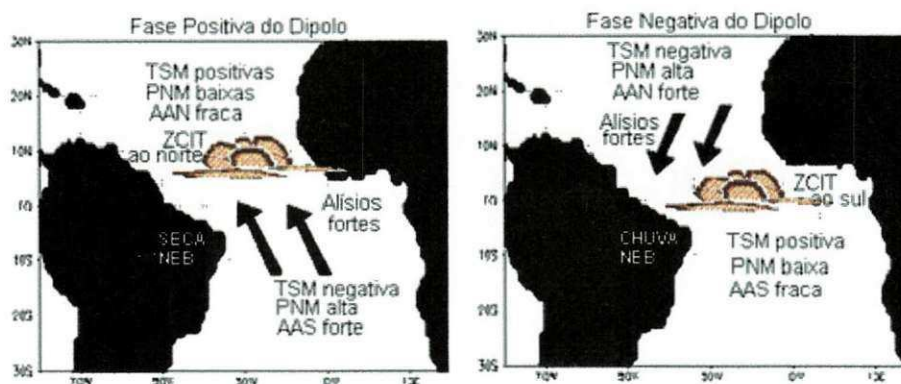


Figura 7: Esquemática das características atmosféricas e oceânicas de grande escala associadas às fases positiva e negativa do Padrão de Dipolo sobre o Atlântico Tropical e suas influências no posicionamento da ZCIT e nas chuvas do SAN, durante os meses da estação chuvosa. Fonte: Souza, (1997).

Podemos observar as características da distribuição pluviométrica no período de fevereiro a maio ao longo da região SAN. 8a) média para anos com Dipolo Positivo (1951, 1953, 1945, 1956, 1958, 1955, 1966, 1970, 1978, 1979 1980, 1981, 1982 e 1983), 8b) Média para anos com Dipolo Negativo (1949, 1964, 1965, 1971, 1972, 1973, 1974, 1977, 1985, 1986 e 1989).

3.5. O Fenômeno La Niña

O fenômeno La Niña, ou episódio frio do Oceano Pacífico, é o resfriamento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental. De modo geral, pode-se dizer que La Niña é o oposto do El Niño, pois as temperaturas habituais da água do mar à superfície nesta região, situam-se em torno de 25° C, ao passo que, durante o episódio La Niña, tais temperaturas diminuem para cerca de 23° a 22° C. As águas mais frias estendem-se por uma estreita faixa, com largura de cerca de 10 graus de latitude ao longo do equador, desde a costa Peruana, até aproximadamente 180 graus de longitude no Pacífico Central (CPTEC, 2001).

Sabemos que, normalmente, a água do Oceano Pacífico é mais aquecida na região da Indonésia e setores norte/nordeste da Austrália (centro-oeste da bacia) e mais fria na região da América do Sul (centro-leste da bacia). Isso caracteriza o vento da região equatorial do Pacífico soprando de leste para oeste, "empilhando" a água mais aquecida no setor oeste. Quando ocorre o fenômeno La Niña, as temperaturas do oceano ficam acima da média no setor centro oeste da bacia e abaixo no setor centro-leste, fazendo com que os ventos que sopram de leste para oeste se intensifiquem ou se mantêm na média. Assim, fortalece-se a formação de nuvens e conseqüentemente as chuvas no setor centro oeste, principalmente na região da Indonésia e setores norte/nordeste da Austrália, provocando um ar seco e frio na parte centro leste da bacia principalmente na costa oeste da América do Sul (CPTEC, 2001). Na Figura 9 pode-se observar o esquema de condições La Niña no Pacífico.

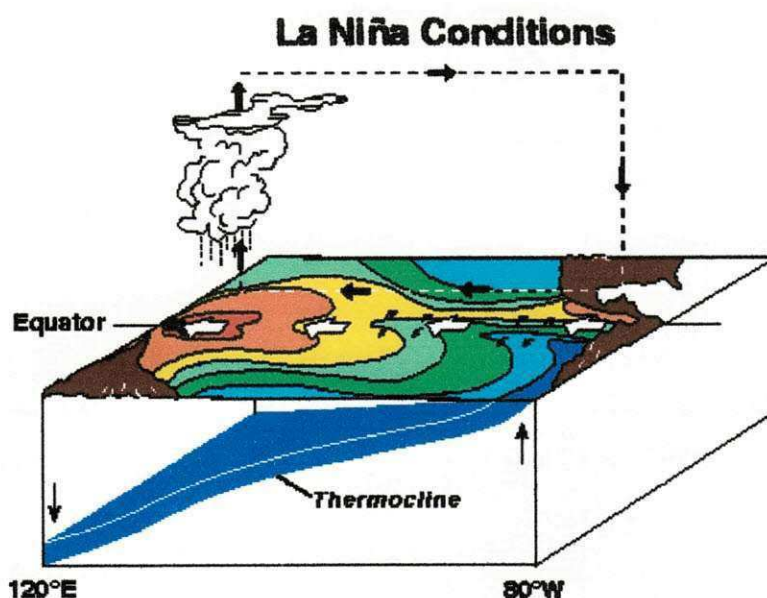


Figura 9. Condições de La Niña no Pacífico. Fonte: NOAA (2002).

Os eventos de La Niña apresentam maior variabilidade e ocorrem com uma frequência menor do que eventos El Niño. De 1900 a 1997, ocorreram 28 episódios El Niño e 18 La Niña, permanecendo 53% dos anos sem ocorrência dos fenômenos. Em geral, o episódio começa a se desenvolver em meados de um ano, atinge sua intensidade máxima no final daquele ano, e dissipa-se em meados do ano seguinte (CLIMERH, 2001).

Nos últimos 15 anos, foram apenas três ocasiões em que o La Niña foi sucedido pelo El Niño (Tabela 1). O episódio intenso de El Niño de 1982/83 foi seguido de um evento fraco de La Niña em 1984/85, e um El Niño menos intenso, ocorrido em 1986/87, foi seguido de um forte La Niña em 1988/89, e o El Niño longo, mais fraco de 1991/94 foi seguido de um episódio fraco de La Niña em 1995/96 (CPTEC, 2001).

Os principais efeitos dos episódios La Niña observados sobre o Brasil são:

1. Passagens rápidas de frentes frias sobre a Região Sul, com tendência de diminuição da precipitação nos meses de setembro a fevereiro, principalmente no Rio Grande do Sul, além do centro-nordeste da Argentina e Uruguai;
2. Temperaturas próximas da média climatológica ou ligeiramente abaixo da média sobre a Região Sudeste, durante o inverno;
3. Chegada das frentes frias até a Região Nordeste, principalmente no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas;
4. Tendência às chuvas abundantes no norte e leste da Amazônia;

5. Possibilidade de chuvas acima da média sobre a região semi-árida do Nordeste do Brasil.

Não existem, cientificamente, resultados de estudo sobre a influência do fenômeno La Niña com anomalias climáticas sobre o Brasil. Mas o que se tem observado é que em anos de La Niña as chuvas tendem a ser menos abundantes no Sul e, em geral, mais abundantes no Nordeste (Geocities, 2001).

Tabela 2 - Anos de El Niño e La Niña

Anos de El Niño	Anos de La Niña	Anos de El Niño	Anos de La Niña
1900-1901		1951-1952	
1902-1903	1903-1904	1953-1954	1954-1955
1905-1906	1906-1907	1957-1958	
	1908-1909	1963-1964	1964-1965
1911-1912		1965-1966	
1914-1915	1916-1917	1969-1970	1970-1971
1918-1919	1920-1921	1972-1973	1973-1974
1923-1924	1924-1925		1975-1976
1925-1926	1928-1929	1976-1977	
1930-1931	1931-1932	1977-1978	
1932-1933	1938-1939	1982-1983	
1939-1940		1986-1987	1988-1989
1940-1941		1991-1992	
1941-1942	1942-1943	1992-1993	
1946-1947	1949-1950	1994-1995	1995-1996
		1997-1998	

Fonte: CPTEC/INPE (2001).

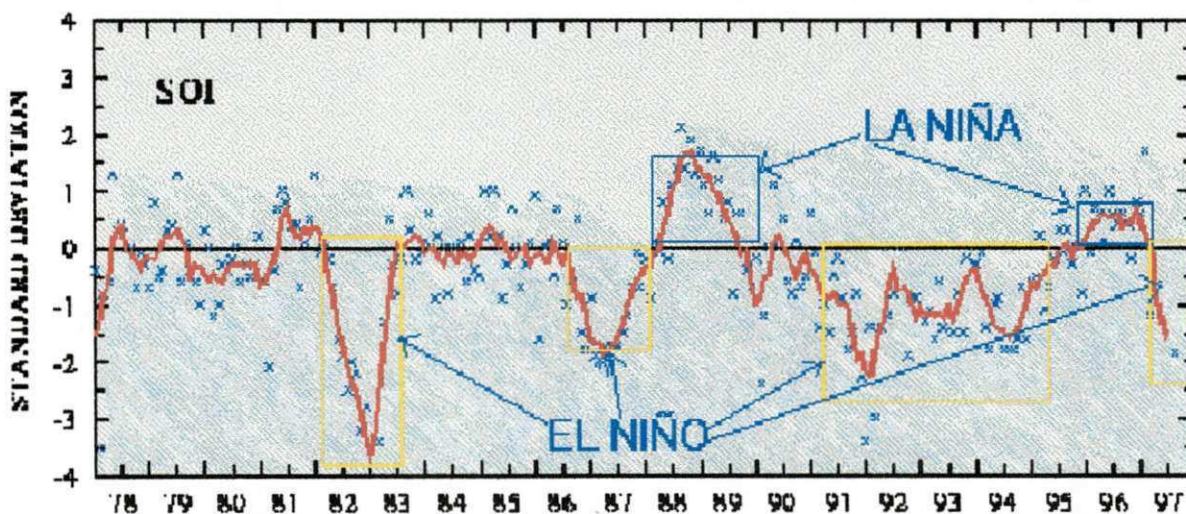


Gráfico 4. Medida do índice de oscilação sul (IOS) em períodos de El Niño e La Niña.

Fonte: CPTEC/INPE, 2001.

4. O DESASTRE DA DESERTIFICAÇÃO

A desertificação começou a ser discutida pela comunidade científica nos anos 30, decorrente de um fenômeno ocorrido no meio oeste americano conhecido como Dust Bowl, onde intensa degradação dos solos afetou uma área de cerca de 380.000 km² nos estados de Oklahoma, Kansas, Novo México e Colorado. Este fenômeno motivou os cientistas a iniciarem um conjunto de pesquisas e a mencionarem tal processo como sendo o da desertificação, isto é, a formação de condições de tipo desértico em áreas de clima semi-árido (PROJETO BRA 93/036).

Desde esta época os pesquisadores vêm dando atenção aos fenômenos que ocorrem nas regiões semi-áridas de todo o mundo, aquelas sujeitas a secas periódicas, e a constatação mais evidente é a de que estas áreas, por suas características físicas e limitações naturais, concentram as populações mais pobres e estão sujeitas a maiores níveis de degradação.

Mas foi somente no início dos anos 70, quando ocorreu uma grande seca na região localizada abaixo do deserto do Sahara, conhecida como Sahel, onde mais de 500.000 pessoas morreram de fome, que a comunidade internacional reconheceu o impacto econômico, social e ambiental do problema, estabelecendo um programa mundial de ação para combater a desertificação (PROJETO BRA 93/036).

A Agenda 21 Global, definiu desertificação como sendo: **a degradação da terra nas regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas, sendo que, por “degradação da terra” se entende a degradação dos solos, dos recursos hídricos, da vegetação e a redução da qualidade de vida das populações afetadas.**

A desertificação afeta cerca de um sexto da população da terra, 70 por cento de todas as terras secas, atingindo 3,6 bilhões de hectares, e um quarto da área terrestre total do mundo. O resultado mais evidente da desertificação, em acréscimo à pobreza generalizada, é a degradação de 3,3 bilhões de hectares de pastagens, constituindo 73 por cento da área total destas terras, caracterizadas por baixo potencial de sustento para homens e animais; o declínio da fertilidade do solo e da estrutura do solo em cerca de 47 por cento das terras secas, que constituem terras marginais de cultivo irrigadas pelas chuvas; e a degradação de terras de cultivo irrigadas artificialmente, atingindo 30 por cento das áreas

de terras secas com alta densidade populacional e elevado potencial agrícola. (AGENDA 21, 1997).

Do ponto de vista espacial, a degradação é considerada como um fenômeno específico das regiões áridas e semi-áridas em condições naturais, mas que ameaça as regiões sub-úmidas marginais, onde se expande com alarmante velocidade (SBCS, 2000).

O mapa de susceptibilidade do Brasil, elaborado pelo MMA a partir de trabalho realizado pelo Centro de Sensoriamento do IBAMA, determinou três categorias de susceptibilidade: **alta, muito alta e moderada**. As duas primeiras referem-se respectivamente às áreas áridas e semi-áridas definidas pelo índice de aridez. A terceira é resultado da diferença entre a área do Polígono das Secas e as demais categorias. Assim, de um total de 980.711,58Km² de áreas susceptíveis, 238.644,47 Km² são de susceptibilidade **muito alta**, 384.029,71 Km² são de susceptibilidade **alta** e 358.037,40 Km² são de moderadamente susceptíveis. Essa área corresponde aos espaços submetidos a condições climáticas caracterizadas pelo índice de aridez como áridas, semi-áridas, e sub-úmidas secas. Há, portanto, na origem da desertificação dessa região, fortes ingredientes de determinismo físico, permanentemente realçados pelas secas que a assolam (PROJETO BRA 93/036, 1997).

Calcula-se que mais de 18.000 quilômetros quadrados do sertão nordestino, área quase do tamanho do Estado de Sergipe, já se desertificaram. Outros 180.000 quilômetros quadrados estão seguindo o mesmo caminho. Os Estados mais atingidos são Ceará e Pernambuco, que juntos somam mais da metade da área sob risco de se desertificar. Os outros pontos críticos podem ser encontrados no Piauí, no Rio Grande do Norte e na Paraíba. A área de risco, mesmo que moderado, já se alastrou para a Bahia e Norte de Minas Gerais (Revista Veja, 1 de setembro, 1999).

Os estudos disponíveis indicam que a área afetada de forma muito grave é de 98.595 km², 10% do semi-árido e as áreas afetadas de forma grave atingem 81.870 km², 8% do território. Deve-se acrescentar que as demais áreas sujeitas ao antropismo, 393.897 km², sofrem degradação moderada. Além destas áreas com níveis de degradação difusos, podem ser citadas 4 áreas com intensa degradação, segundo a literatura especializada, os chamados núcleos de desertificação. São eles: Gilbués-Pi, Irauçuba-CE, Seridó-RN e Cabrobó-PE, totalizando uma área de 18.743,5 km² (Projeto BRA 93/036, 1997). Segundo a Convenção das Nações Unidas (1997), os impactos provocados pela desertificação podem ser: **ambientais, sociais e 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, a produtividade agrícola e, portanto, causam impactos as populações.

Os **prejuízos sociais** podem ser caracterizados pelas importantes mudanças sociais 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, e 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.

Os especialistas já identificaram com precisão os mecanismos de proliferação da desertificação. O sertão tem quase 18 milhões de habitantes, é o maior adensamento populacional em região de semi-árido do mundo. Para sobreviver, os agricultores lançam mão de técnicas rudimentares de agricultura e pecuária num ambiente que tem muito pouco a oferecer em termos de recursos. As plantações são feitas de forma inadequada e com produtos que exaurem o solo. Os animais criados na região são do tipo que come o que vê pela frente. As lavouras de mandioca e feijão, as mais populares entre os agricultores, estão entre as que menos protegem o solo da devastação. Muitos projetos de irrigação mal elaborados e mal executados, levaram água em excesso para o sertão alterando a química do solo. Queimadas e a criação extensiva de bois e de bodes têm arrasado o sertão, e estes mecanismos integrados, respondem pela degradação do sertão (Revista Veja, 1 de setembro, 1999).

Os **fenômenos meteorológicos** que contribuem para a desertificação são, por ordem de importância, as **secas**, as avalanches, a erosão do vento e a variabilidade climática. A desertificação, ou a degradação das terras áridas, ocorre como consequência de processos naturais e antropógenos. Uma gestão inadequada dos agro-ecossistemas, junto

com fenômenos climáticos graves tais como as secas freqüentes, tem feito com que as terras áridas sejam cada vez mais vulneráveis e propensas a uma rápida degradação (Nicholson, 1985).

5. Sensoriamento Remoto

Os recursos naturais e o meio ambiente da Terra estão em mudanças contínuas em resposta à evolução natural e às atividades humanas. Para compreender o complexo inter-relacionamento dos fenômenos que causam estas mudanças é necessário fazer observações com uma grande gama de escalas **temporais e espaciais**. A observação da Terra por meio de satélites é a maneira mais efetiva e econômica de coletar os dados necessários para monitorar e modelar estes fenômenos, especialmente em países de grande extensão territorial. Os satélites empregados para estes propósitos são complexos, dispendiosos e de alto conteúdo tecnológico. Muitos países dependem das imagens obtidas através dos poucos satélites de observação da Terra disponíveis atualmente, entretanto, em muitos casos, estes não são inteiramente adequados às peculiaridades do território ou dos recursos naturais investigados. Para maior eficácia, é necessário que os sensores do satélite tenham sido projetados para a aplicação específica desejada. Além do mais, existem as óbvias implicações estratégicas e políticas de se utilizar um satélite que pode não estar disponível ao país sempre que requerido (INPE, 2002).

Desde os primórdios da civilização, a humanidade vem adaptando e integrando conhecimentos adquiridos a partir do trato com a terra, que se modificam com o grau de evolução do contexto científico vigente e se tornam mais completos a medida em que novas relações indivíduo - ambiente vão sendo evidenciadas. Esses conhecimentos integrados de modo sistemático, têm dado origem a diversas metodologias destinadas a avaliação da superfície da terra (Fernandes et al., 1998).

O uso de imagens de satélites tem sido bastante empregado nessas metodologias, possibilitando periodicidade regular de cenas, maior capacidade de atualização de processos na superfície terrestre e inclusão de um grande campo do espectro eletromagnético (Izola et al., 1998).

Para a aplicação correta dos produtos sensores é importante o entendimento da essência da definição de Sensoriamento Remoto de Lillesand & Kiefer (1995) que diz:

“Sensoriamento Remoto é a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, por meio de análise de dados adquiridos por um sistema que

não está em contato com esse objeto, área ou fenômeno sob investigações.” (Lillesand & Kiefer, 1995).

Esta definição mostra claramente que a obtenção de informações sobre objetos, áreas ou fenômenos utilizando-se produtos de Sensoriamento Remoto só é possível através da análise de dados, ou seja, o da análise das relações entre os alvos e a energia eletromagnética.

A partir da década de setenta, com o lançamento dos satélites LANDSAT, muitas pesquisas têm utilizado informações sobre os diferentes alvos da superfície terrestre, coletados a nível orbital, que são de grande importância no estudo dos recursos naturais (Moreira & Assunção, 1984).

A faixa do espectro eletromagnético mais usada em Sensoriamento Remoto está entre 0,3 e 15,0 μm , pois nesta faixa os componentes ópticos associados à coleta de informações sobre fenômenos de reflexão e refração, tais como lentes, espelhos, prismas e outros, são utilizados para coletar e reorientar a radiação (DPI/INPE, 1996). O comportamento espectral dos diferentes alvos presentes na superfície terrestre é produto da complexa interação entre a energia solar e matéria, condicionado também por outros aspectos do contexto ambiental. Assim, o entendimento do comportamento espectral da cobertura vegetal e dos solos é importante para uma aplicação do Sensoriamento Remoto (Pinto, 1991). Segundo o mesmo autor, o comportamento espectral dos solos é afetado por diferentes aspectos contextuais. Os alvos absorvem, refletem e emitem Radiação Eletromagnética (REM) de forma diferenciada, ao longo do espectro eletromagnético, em função de suas propriedades específicas.

As características espectrais de feições como vegetação, solo e água, são de grande interesse e constituem elementos fundamentais e essenciais para análise e interpretação de dados de Sensoriamento Remoto (Queiroz, 1996). O Gráfico 5 mostra as curvas de refletância do comportamento espectral para os três principais alvos naturais da superfície terrestre, principais alvos de estudos do Sensoriamento Remoto: solo, água e vegetação (Barbosa, 1996).

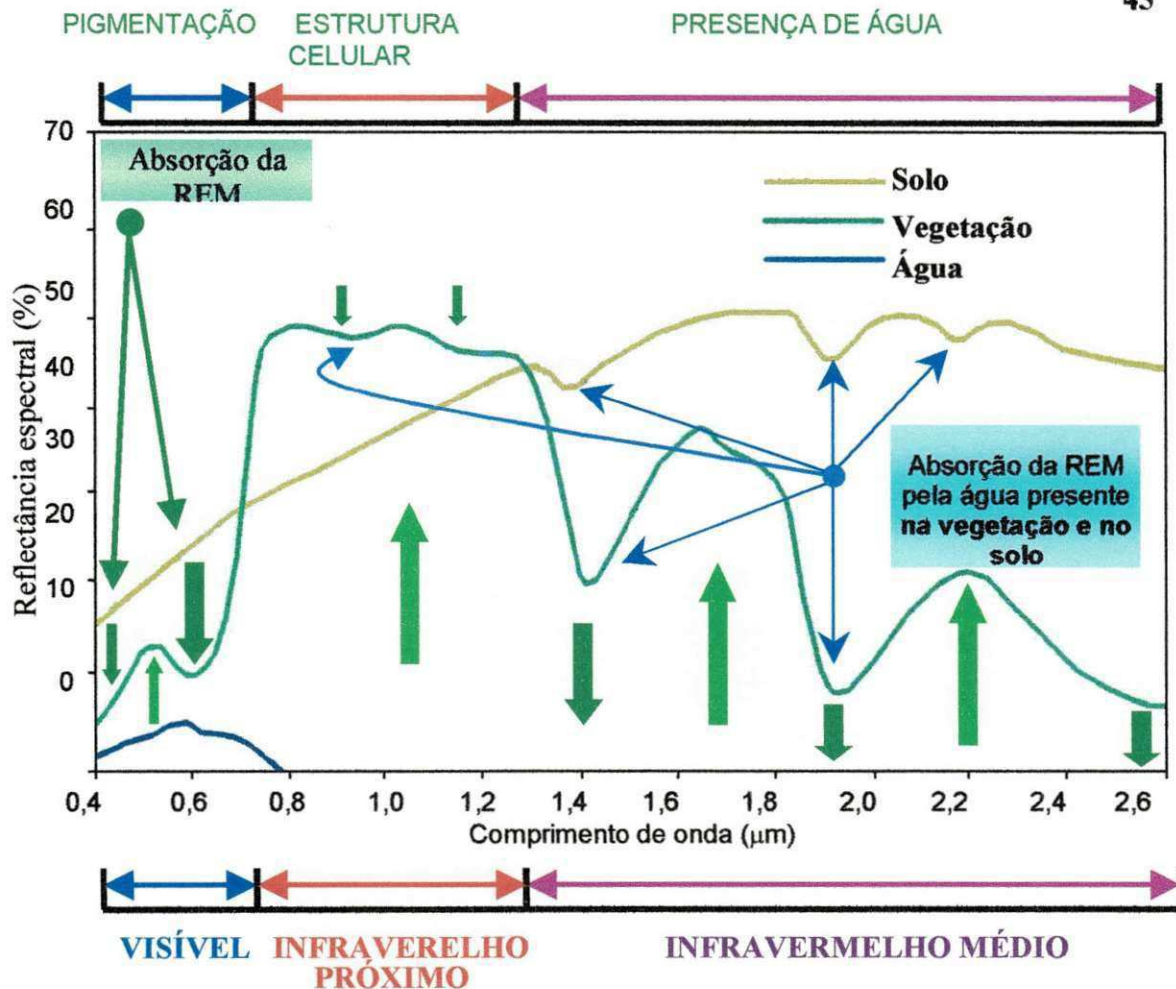


Gráfico 5. Curvas típicas da reflectância espectral para os principais alvos da superfície terrestre: solo, vegetação e água.

Fonte: Lillesand e Kiefer (1995, adaptada por Barbosa, 1996).

Vegetação: PINTO (1991), observa que o vigor da cobertura vegetal é um fator dos mais relevantes, quando se considera a resposta espectral. Um bom vigor de biomassa verde tem comportamento espectral bastante característico. Podendo ser citado por exemplo, que a faixa de forte absorção de radiação se situa em torno de $0,65 \mu\text{m}$, e que ocorre forte reflectância na faixa compreendida entre $0,7 - 1,3 \mu\text{m}$. Essa variação de comportamento ao longo do espectro é basicamente definida pela presença de clorofila no sistema foliar da vegetação e sua estrutura.

Corpos d'água: os corpos d'água apresentam um comportamento espectral resultante da energia solar incidente sobre as moléculas d'água e materiais em suspensão. Estes corpos são bastantes distintos dos outros alvos naturais na faixa do infravermelho, isto porque, mesmo numa fina lâmina d'água a energia incidente é quase que totalmente absorvida, como por exemplo nas bandas 4, 5 e 7 do TM/LANDSAT-5 (Queiroz & Silva, 1989).

A turbidez é uma propriedade óptica relacionada exclusivamente à luz espalhada pelo material em suspensão e depende do comprimento de onda da radiação incidente e do tamanho, forma e natureza do aglomerado de partículas (Klooster & Scherz, 1974).

Em águas turvas a transmitância e a reflectância mudam muito significativamente. A água com a presença de grande quantidade de material em suspensão têm uma reflectância muitas vezes maior que a água limpa. A presença de matéria orgânica como algas (presença de clorofila) pode diminuir a reflectância da água na região do azul e aumentá-la na região do verde. A principal característica eletromagnética da água é 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 (Barbosa, 1996).

Solos: a energia eletromagnética emitida pelo solo, é influenciada por suas propriedades espectrais muito úteis para sua identificação através de sensores remotos. Conforme Solomon & Klohn (1978), a quantidade de materiais suspensos, ocasiona geralmente um decréscimo de sua reflectância nas faixas visível e infravermelho do espectro eletromagnético. O comportamento espectral dos solos, varia de acordo com os diversos fatores que lhes são intrínsecos, tais como: umidade, textura, teores de matéria orgânica e óxido de ferro, capacidade de troca catiônica e as suas condições de superfície (Fernandes, 1997).

Bauer *et al.* (1979) estabeleceram que a mineralogia do solo tem influência na sua reflectância de diversas maneiras. Os solos com mineralogia gipsítica têm alta reflectância, enquanto que os solos montmoriloníticos, sempre associados com níveis mais altos de matéria orgânica, mostram baixa reflectância atribuída a este alto conteúdo de matéria orgânica.

O conhecimento da técnica de sensoriamento remoto é, sem dúvida, o principal fator de sucesso ou fracasso nos trabalhos de levantamentos de recursos naturais (Moreira, 2001).

Na metodologia de sensoriamento remoto duas fases podem ser destacadas: a aquisição de dados relacionada com os processos de detecção e registro da informação, e fase de utilização/análise dos dados que compreende o tratamento e a extração de informações dos dados obtidos (Rosa, 1990).

6. Processamento Digital de Imagens

O processamento digital de imagens pode ser definido como a manipulação e interpretação de uma imagem digital com a ajuda de um computador. Segundo Lillesand & Keifer (1995) o olho humano não têm a capacidade de discernir os valores das tonalidades de cinza em uma imagem o que dificulta ao fotointérprete realizar simultaneamente à análise numérica de uma imagem espectral.

No sensoriamento remoto orbital, os usuários de dados de satélites têm à disposição dois tipos de produtos, para extrair informações sobre os alvos da superfície terrestre, ou seja, os produtos analógicos e os digitais.

Dessa forma, nas imagens onde os padrões espectrais são altamente informativos, é preferível se dar prioridade à análise digital, do que a análise pictorial dos dados da imagem. Os Sistemas de Informações Geográficas permitem a realização de análises com segurança e rapidez no processamento.

6.1. Sistema de Informação Geográfica

Os SIG's consistem num conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas, perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de informações geo-referenciadas, bem como a produção de informações derivadas de sua aplicação (Tosi, 1999). São extremamente úteis para, organizadamente, armazenar e processar com agilidade diversos tipos de informações (Silva, 1999), servindo de apoio ao geoprocessamento e possibilitando a geração de produtos de precisão (informações refinadas e meios para sua interpretação e/ou difusão) com base em dados associados a mapas, cartas, imagens de satélite e relatórios técnicos sobre temas estratégicos (Barbosa, 2000).

Para Barbosa (1997), os SIG's são utilizados seguindo-se quatro sistemas básicos: entrada de dados; armazenamento, recuperação e atualização de dados; manipulação, análises e simulações e apresentação dos dados resultantes.

Dantas Filho (1996), relaciona as aplicações mais comuns do SIG as seguintes atividades: estudos geológicos; planejamento urbano e rural; cadastro rural e estudos agro-florestais.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), são ferramentas empregadas para o processamento de informações relacionadas com alguma posição no espaço (Geoprocessamento). Eles têm como missão facilitar a manipulação e a difusão de uma grande quantidade de dados geo-referenciados de tipos textual, temático, multiespectral e multitemporal, que caracterizam aspectos ambientais e sócio-econômico de uma região (Barros, 1998).

Um Sistema de Informação Geográfica, destina-se à manipulação de dados referenciados a partir de coordenadas espaciais ou geográficas. Funciona como um banco de dados com facilidades de armazenamento de dados georreferenciados, bem como um conjunto de operações destinadas ao processamento desses dados. Os SIG's, são destinados à coleta, ao tratamento e à provisão de informações sobre elementos de expressão espacial (Silva, 1994).

6.2. SIG's e DESASTRES

Relacionados aos desastres, observa-se que os SIG's têm estrutura multidisciplinar, podendo enfocar de vários ângulos a temática. No caso específico do desastre seca, a estrutura de dados do SIG envolve: dados de sensoriamento remoto, mapas existentes (solos, uso da terra, vegetação, geologia, geomorfologia, topografia, etc), dados climáticos, densidade populacional, etc. Em estudos mais específicos, como na avaliação das vulnerabilidades da agropecuária à seca, os dados da estrutura podem incluir históricos das secas, censos socioeconômicos e agrícola, dados das águas subterrâneas, etc. Contudo, o primeiro passo deve ser a formação de uma equipe com características multidisciplinares e interdisciplinares, e que seja capaz de trabalhar em sintonia (Barbosa, 1997).

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.

Diversos trabalhos têm sido realizados com enfoques direta ou indiretamente ligados a essa temática, como os de Cândido (2000), que fazendo uso de sensoriamento remoto e SIG, obteve mapas de degradação ambiental e social para região de Picuí-PB, observando inclusive a existência de núcleos de desertificação nesse município, Maskrey

(1998), observou que os diversos enfoques de diversas ciências têm contribuído e influenciado o desenvolvimento de SIG's apropriados à análise de desastres. Pode-se citar o exemplo da Rede de Estudos Sociais em Prevenções de Desastres na América Latina (LA RED, 2001), que com uma estrutura multidisciplinar, tem contribuído com a geração de inúmeras informações utilizando o SIG DesInventar em países como a Argentina, Chile, Costa Rica, Estados Unidos da América, Brasil e Colômbia. São exemplos disso os trabalhos de Caputo & Celis (2000), Lavell & Bonilla (2000), Oliver-Smith & Bainard (2000), entre outros disponíveis no site de La Red⁴.

Apesar do enorme potencial das geotecnologias, Medina (1994) adverte pesquisadores e gestores para os seguintes perigos proporcionados pelo uso indevido:

1. 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;
2. O uso de SIG's sem sustentação 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.
3. 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.

Análise espacial e risco são dois temas que relacionados englobam um importante conteúdo estratégico. Agregada a utilização de SIG, uma ferramenta de relativa e recente inovação, complementam o que chamariam de ferramentas atuais necessárias para o estudo da problemática global dos desastres (Macias, 1998).

⁴ <http://www.desenredando.org>

7. MATERIAIS E MÉTODOS

7.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Ao analisar as condições sócio-econômicas da Paraíba, verifica-se que estas têm um relacionamento direto com a divisão edafoclimática do estado, em suas três principais regiões: Zona da Mata e Agreste – as áreas mais úmidas e mais desenvolvidas sócio-economicamente; a zona do Cariri-Curimataú (Zona central do Estado), a mais pobre e a que mais seca sofre com os efeitos ENOS; a Zona Sertaneja (Zona centro-oeste), que também apresenta um alto índice de pobreza e miserabilidade, porém encontra-se em segundo lugar no desenvolvimento sócio-econômico do Estado. Dessa maneira, as zonas Sertaneja e Cariri-Curimataú foram escolhidas para este estudo e dentro destas zonas foram eleitos, com base no fator econômico, os Municípios de Picuí, Sousa e Sumé (Figura 10) como áreas testes desta pesquisa para análise comparativa dos efeitos ENOS.

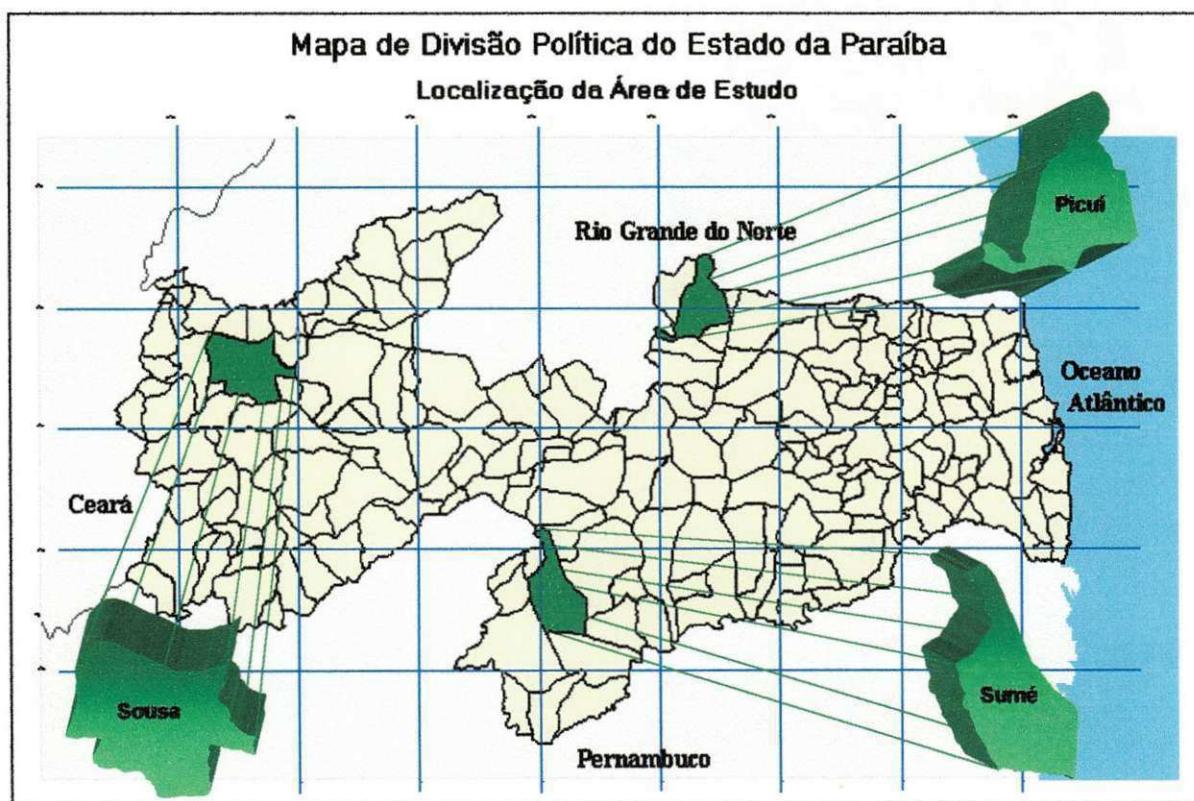


FIGURA 10. Localização das áreas testes de estudo no Estado da Paraíba.

Na sub-região do Curimataú, na porção norte do Estado, foi selecionado o Município de Picuí na zona denominada de Seridó Oriental Paraibano, com uma área de

693,20 km² ocupando 1,23% do território do Estado. A sede do Município tem sua posição geográfica na intersecção das coordenadas W036°20'52" e S06°30'38". Limita-se ao Norte e a Nordeste com o Estado do Rio Grande do Norte, ao Sul com o município de Nova Palmeira, a Leste com os municípios de Baraúnas, Cuité e Nova Palmeira e a Oeste, com o município de Frei Martinho e o Estado do Rio Grande do Norte. Esta é uma das áreas que apresenta o maior risco a desastres relacionados com os efeitos dos eventos ENOS, onde expressivos núcleos de desertificação foram definidos por Cândido (2000) e Silva (2002).

De acordo com a classificação climática de Köppen, predomina o tipo Bsh: semi-árido quente, abrangendo a área mais seca do Estado, com uma precipitação pluviométrica média anual de 339 mm (LMRS-PB, 2002) e uma estação seca que pode atingir 11 meses, com temperaturas nunca inferiores a 24° C.

Na região são definidos 3 tipos de clima segundo a classificação de Gaussen mostrada no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação climática de Gaussen

Tipo Climático	Característica
2b	Sub-desértico quente de caráter tropical. Índices xerotérmicos variando de 200 a 300 e estação seca de nove a onze meses.
4aTh	Termoxeroquimênico acentuado (tropical quente de seca acentuada). Índices xerotérmicos variando de 150 a 200 e estação seca longa de 7 a 8 meses
3bTh	Termomediterrâneo (Mediterrâneo quente ou nordestino de seca média). Índices xerotérmicos variando de 100 a 150 e estação seca de cinco a sete meses.

Fonte : BRASI (1972).

Os elementos climáticos dessa microrregião são mostrados no Quadro 2:

Quadro 2. Elementos climáticos do município – Picuí PB

Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)	Evapotranspiração média anual (mm)	Def. hídrica média anual (mm)	Índice Hídrico de Thornthwait (Im) ²	Índice de Aridez de Thornthwait
339	26,5	1660,0	1324,5	-47	0,20

Fonte: FIPLAN (1980).

Na sub-região dos Cariris Velhos foi selecionado o Município de Sumé, com uma área de 850,27 Km². Esta é uma das áreas que há mais de 10 anos vem sendo acometida por um desastre longo e catastrófico, pois a falta de um planejamento adequado

do uso das águas pelo poder público e a baixa pluviosidade, foram responsáveis pelo colapso total do açude de Sumé, acarretando o fechamento do Perímetro Irrigado e o abandono das terras, que se encontram em um franco processo de degradação tanto física como química (salinização) com riscos a desenvolvimento de núcleos de desertificação.

De acordo com a classificação de Gaussen, o clima da região é do tipo **4aTh** (Tropical quente de seca acentuada), termoxeroquimênico de caráter acentuado e apresenta um índice xerotérmico entre 150 e 200 e segundo a classificação de Koppen (BRASIL, 1972) o clima é do tipo Bsh (semi-árido quente).

Os elementos climáticos dessa microrregião são mostrados no Quadro 3:

Quadro 3. Elementos climáticos do município – Sumé PB

Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)	Evapotranspiração média anual (mm)	Def. hídrica média anual (mm)	Índice Hídrico de Thorntwait (Im) ²	Índice de Aridez de Thorntwait
511,5	22,8	1135,0	623,5	-33	0,45

FONTE: FIPLAN (1980).

Na região sertaneja foi selecionado o Município de Sousa, com uma área de aproximadamente 847,2 Km², localizado no semi-árido paraibano, mesorregião do Sertão e Microrregião de Sousa. A sede municipal, a 224 metros de altitude, tem sua posição geográfica na interseção das coordenadas 6°45'33" de latitude sul e 38°13'56" de longitude oeste. Em termos econômicos a cidade de Sousa é um dos centros mais importantes e desenvolvidos do alto sertão paraibano. Dentro da área de estudo está o perímetro irrigado de São Gonçalo, localizado no distrito de São Gonçalo, a 10 km a sudoeste da cidade de Sousa (Cordeiro et al., 1988). Com uma área total de 5.290 ha (DNOCS, 1885 e 1988) ele é considerado um dos mais importantes projetos de irrigação administrado pelo DNOCS da Paraíba (SUDENE, 1968), mas que hoje, encontra-se em decadência.

Atualmente o governo do Estado está concluindo o sistema de elevação das águas do canal da redenção para instalação de um novo perímetro irrigado na baixada de Sousa. Estas áreas são de alta vulnerabilidade, principalmente devido a presença de grandes manchas de solos salinos e conseqüentemente são de alto risco a desastre.

A situação geográfica do município determina suas condições climáticas. De acordo com a classificação de Gaussen o clima é do tipo termoxeroquimênico acentuado (tropical quente de seca acentuada) – **4aTh**, com estação seca longa, 7 a 8 meses e o índice xerotérmico que indica o número de dias biologicamente secos, está

compreendido entre 150 e 200, segundo a classificação de Köppen, o clima da área em estudo é do tipo AW' quente e úmido (BRASIL,1972).

O Quadro 4 apresenta os valores dos elementos climáticos do município de Sousa PB.

Quadro 4. Elementos climáticos do município - Sousa PB

Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)	Evapotranspiração média anual (mm)	Def. hídrica média anual (mm)	Índice Hídrico de Thorntwait (Im) ²	Índice de Aridez de Thorntwait
783,9	26,5	2937	2153,1	-38	0,26

Fonte: FIPLAN (1980)

7.2. Materiais

Cartas topográficas: Carta Planialtimétrica Folha SB.24-Z-A-V Souza, da FIBGE geocódigo 1620-1, UF: PB 25 na escala de 1:100.000. Cartas topográficas da SUDENE (1985) na escala de 1:100.000: Folhas Picuí (SB24-Z-B-VI) e Sumé (SB.24-Z-D-V) .

Produtos de sensores remoto: Imagens multiespectrais do TM/Landsat-5, da órbita 215, pontos 064 e 065, com datas de passagem de 17 de junho de 1984 e 17 de outubro de 1999 e da órbita 216 ponto 065 com data de passagem de 26 de julho de 1984 e 30 de setembro de 1999; imagens multiespectrais do ETM/Landsat-7 referente a órbita, 215, ponto 065 de 3 maio de 2001 e da órbita 216 ponto 065 de 3 de maio de 2001.

Imagens Quick Look completas das cenas 215-64, 215-65 e 216-65 fornecidas pela Engesat, e Intersat, englobando os municípios de Picuí, Sumé e Sousa.

Suporte físico e lógico: Foram utilizados os recursos de hardware, GPS, mesa digitalizadora e o software SPRING 3.6.3.

7.3 METODOLOGIA

Este Projeto de Pesquisa Comparativa foi desenvolvido para produzir informações sistemáticas sobre: os diferentes tipos de riscos a desastres associados com os eventos ENOS; o desdobramento e distribuição geográfica dos riscos a desastres ENOS (domínio espacial) e a evolução dos riscos a desastre ENOS através do tempo (domínio temporal), em complemento às capacidades de prognóstico ENOS. O projeto usa um enfoque dedutivo e comparativo na análise dos riscos a desastre (Maskrey, 1998) que utiliza dados da ocorrência de desastres e danos, para deduzir a existência de riscos em um lugar e em um determinado tempo. Frequências e grandes magnitudes de ocorrência de desastres e danos permitem deduzir os níveis de grandes riscos.

Este projeto juntou sistematicamente dados de ocorrência de desastres (secas) e danos em cada região estudada durante o período de 30 anos (1970 – 2000) incluindo os desastres de pequena e média escala não necessariamente associados aos eventos ENOS. Este banco de dados permitiu a identificação dos padrões espaciais, temporais e semânticos dos riscos a desastre que, correlacionados com os eventos ENOS, geraram informações detalhadas sobre os riscos a desastre ENOS.

A metodologia do Projeto consistiu na coleção e análise de todas as fontes de dados disponíveis sobre ocorrência de desastres e danos em cada região, incluindo: relatórios oficiais do governo, tanto das organizações de gestão de riscos a desastre como de outros setores do governo; estudos de dados estatísticos disponíveis, informações de ONGs, setor privado e organizações internacionais, relatórios da mídia, arquivos locais e nacionais, particularmente jornalísticos. Os dados foram georreferenciados para as unidades administrativas de cada região, permitindo uma análise espacial, temporal e semântica de alta resolução.

O projeto é apresentado como um relatório, ilustrado com mapas, gráficos e quadros, mostrando a evolução dos riscos a desastre ENOS durante os últimos 30 anos. Os relatórios identificaram as áreas de mais alto risco, as ameaças e vulnerabilidade a evolução delas durante aquele tempo, facilitando uma visão comum e ilustrando a complexidade, heterogeneidade e o caráter altamente localizado dos riscos a desastre na região.

Embora a informação sobre os riscos a desastre ENOS possa aumentar substancialmente a efetividade da gestão de riscos a desastre ENOS, é necessário

completar essa informação com uma compreensão dos processos que estão na base da configuração dos riscos a desastre ENOS. As ameaças específicas localizadas e os padrões de vulnerabilidade são gerados por processos sociais, políticas territoriais e econômicas de base que eles estão operando na região. A maioria das ameaças relacionadas com ENOS é mais sócio-natural que natural em seu caráter. As intervenções humanas, como o desmatamento, projetos de infra-estrutura, pastoreio, mineração, extração de águas subterrâneas, etc. ajudam a configurar tais ameaças como deslizamentos, incêndios e secas. Ao mesmo tempo os processos de urbanização, migração e desenvolvimento econômico geram padrões complexos de vulnerabilidade. Neste sentido, a evolução dos riscos a desastre ENOS sustentável no futuro, deveria ser incorporada às considerações sobre o risco no desenvolvimento social, econômico e territorial.

Sobre a base da informação dos padrões de risco a desastre ENOS, este projeto explorou a correlação que existe entre os riscos a desastre e os processos sociais, econômicos e territoriais de base. A metodologia do projeto incluiu:

- A formulação de hipótese de Pesquisa que relaciona a configuração de riscos a desastre ENOS aos diferentes processos que operam na região (por exemplo, densidade e crescimento populacional; nível de urbanização; processos ambientais como desmatamento; desenvolvimento econômico, etc.)
- Uso do programa Assistat 6.2 (Teste de Wilcoxon-Mann-Witney) para avaliar o efetivo efeito dos eventos ENOS sobre a pluviometria das regiões afetadas.
- Seleção de indicadores quantitativos para medir cada processo e a compilação dos dados de fontes secundárias como dados estatísticos, relatórios, ONGs e organizações internacionais, cartografia, imagens de satélites etc.
- Onde o dado pode ser georreferenciado, uma análise quantitativa em um ambiente de SIG explorou correlações válidas entre riscos a desastre ENOS e os diferentes processos causais. O uso do SIG facilitou a visualização de padrões de correlação, que podem ser explorados usando então os métodos qualitativos.
- A análise dos estudos existentes da história econômica regional foi usada para explorar e explicar as correlações quantitativas. A análise qualitativa identificou esses eventos históricos nos processos de desenvolvimento que são fundamentais na configuração dos riscos a desastre ENOS.
- Análise das composições multiespectrais ajustadas – RGB da banda 3, NDVI e banda 1, para os anos de 84 e 99 nas três regiões em estudo para análise e

comparação do efeito dos mega eventos dos anos de 1982/1983 e 1997/1998 na paisagem destes municípios. A classificação das imagens IVDN segmentadas permitiu a quantificação relativa das áreas de solos expostos e de vegetação após os dois mega eventos El Niño de 1992/1993 e 1997/1998.

- **Processamento digital** – No processamento digital foram utilizados algoritmos definidos no sistema Spring (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) desenvolvido por Câmara et al, 1996. A estratégia de ação foi processar digitalmente as imagens TM/Landsat 7. A partir das imagens digitais foi possível gerar os mapas temáticos de degradação ambiental para os três municípios.
- **Os resultados da fotointerpretação e do processamento digital** são apresentados em formas de mapas, com informações sobre degradação das terras, no formato digital.
- **Trabalho de campo** – O trabalho de campo foi realizado em duas etapas para cada uma das áreas em estudo. Na primeira etapa foi feito um reconhecimento da área de estudo, com a descrição geral de seus elementos, para subsidiar a fotointerpretação e o processamento digital. Nas Prefeituras foram mantidos contatos com as autoridades locais, quando houve uma explanação do Projeto e a definição das metas de trabalho com as comunidades, que é um dos pontos fortes da metodologia. A estratégia de ação envolveu o trabalho com os agentes de saúde na aplicação dos questionários. Para tal, eles receberam um treinamento adequado. Os questionários foram definidos segundo a metodologia proposta por Rocha, 1997, modificado para o semi-árido. A Segunda etapa foi dedicada a verificação dos mapas fotointerpretados. Foi efetuado uma descrição minuciosa da paisagem e coleta de amostras de solos para análise no Laboratório de Solos do DEAg/CCT/UFCG, das áreas que apresentaram indícios de degradação por salinização, especialmente para aquelas áreas destinadas a irrigação. Todos os pontos visitados em campo foram georreferenciados usando-se GPS. Algumas propriedades rurais selecionadas por amostragem, também foram visitadas durante esta etapa de campo, quando foram aplicados os questionários, que serviram de base comparativa para os questionários aplicados pelos agentes de saúde.
- **Trabalhos no LMRS** – Os softwares SPRING (INPE) foram utilizados para gerar toda a base de dados georreferenciado do projeto. A estratégia de ação foi o uso dos dados da fotointerpretação, do processamento digital de imagens, do trabalho de campo e dados bibliográficos, como dados de entrada nos sistemas, pela

transferência eletrônica ou digitalização, para a criação de uma base de dados georreferenciados para cada área teste estudada. O banco de dados das vulnerabilidades agrícolas e dos níveis de degradação ambiental subsidiaram as definições dos riscos a desastres dos eventos ENOS.

7.3.1 – PROCEDIMENTO UTILIZADO NO PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS.

Este procedimento teve como finalidade avaliar as condições ambientais dos três municípios após os Mega Eventos El Niño dos anos de 1982/1983 e 1997/1998, e promover uma análise comparativa, qualitativa e quantitativa entre eles, além de possibilitar a confecção dos mapas de degradação ambiental. No processamento digital foram utilizadas as imagens das bandas 5, 4, 3 e 1 dos anos de 1984 e 1999 e bandas 3, 4, 5 e 7 para 2001. No total 6 procedimentos básicos do processamento digital de imagens foram aplicados, descritos a seguir:

1. Manipulação de contraste das bandas 5, 4 e 3

A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano. O contraste entre dois objetos pode ser definido como a razão entre os seus níveis de cinza médios. A manipulação do contraste consiste numa transferência radiométrica em cada "*pixel*", com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem. Realiza-se a operação ponto a ponto, independentemente da vizinhança. Esta transferência radiométrica é realizada com ajuda de histogramas, que são manipulados para obter o realce desejado (Câmara, 1996).

2. Principais componentes das bandas 5, 4 e 3 + manipulação de contraste

As bandas individuais de uma imagem multiespectral freqüentemente são altamente correlacionadas, ou seja, as bandas são similares visual e numericamente. Esta correlação advém do efeito de sombras resultantes da topografia, da sobreposição das janelas espectrais entre bandas adjacentes e do próprio comportamento espectral dos objetos. A análise das bandas espectrais individuais pode ser então ineficiente devido à informação redundante presente em cada uma dessas bandas. A geração de componentes principais é uma técnica de realce que reduz ou remove esta redundância espectral, e gera um novo conjunto de imagens cujas bandas individuais apresentam informações não-disponíveis em outras bandas, pois nelas cada valor de "*pixel*" é uma combinação linear dos valores originais. O número de componentes principais é igual ao número de bandas espectrais

utilizadas e são ordenadas de acordo com o decréscimo da variância de nível de cinza. A primeira componente principal tem a maior variância (maior contraste) e a última, a menor variância. Neste processo utiliza-se o coeficiente de correlação, ou da covariância, para se determinar um conjunto de quantidades chamadas de autovalores. Os autovalores representam o comprimento dos eixos das componentes principais de uma imagem e são medidos em unidade de variância. Associado a cada autovalor, existe um vetor de módulo unitário chamado auto-vetor. Os auto-vetores representam as direções dos eixos das componentes principais. São fatores de ponderação que definem a contribuição de cada banda original para uma componente principal, numa combinação aditiva e linear. Para facilitar a percepção dessas contribuições, deve-se transformar os auto-vetores em porcentagens (Câmara,1996).

3. Operações aritméticas - razão entre bandas – IVDN das bandas 4 e 3

Nestas operações utiliza-se uma ou duas bandas de uma mesma área geográfica, previamente georeferenciada(s). A operação é realizada "*pixel*" a "*pixel*", através de uma regra matemática definida, tendo como resultado uma banda representando a combinação das bandas originais. Estas operações podem requerer um fator de ganho (multiplicativo) ou "*off-set*" (aditivo), para melhorar a qualidade de contraste da imagem. A operação de divisão de imagens consiste numa operação não-linear. É utilizada para realçar as diferenças espectrais de um par de bandas, caracterizando determinadas feições da curva de assinatura espectral de alguns alvos. A operação de razão entre bandas pode:

- remover efeitos de ganho provenientes de variações espaciais ou temporais, quando ocorrem em bandas de uma mesma imagem;
- diminuir variações de radiância da imagem, provenientes de efeito de topografia, declividade e aspecto;
- aumentar diferenças de radiância entre solo e vegetação.

Para aumentar o contraste entre solo e vegetação, pode-se utilizar a razão entre bandas referentes ao vermelho e infravermelho próximo, constituindo assim, os chamados índices de vegetação (NDVI).

A opção $C = G * ((A-B)/(A + B)) + O$, do SPRING, quando aplicada para:

A = banda infravermelho próximo

B = banda vermelho

constitui o índice de vegetação de diferença normalizada (IVDN), que além de aumentar o contraste espectral entre a vegetação e o solo, tem os efeitos de iluminação, declividade da superfície e geometria de "visada" parcialmente compensados pelo índice (Câmara,1996).

4. Composição multiespectral ajustada das bandas 3 + IVDN + banda 1

Consiste de uma transformação RGB onde no canal vermelho estará a banda 3, no verde a imagem IVDN e no azul a banda 1. Nesta combinação as áreas de altos valores de NDVI aparecerão em verde (ocorrência de vegetação) e as áreas de baixos valores de IVDN aparecerão em vermelho ou azul (ocorrência de solos expostos).

5. Segmentação das imagens IVDN por crescimento de regiões

É uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas. Inicialmente, este processo de segmentação rotula cada "pixel" como uma região distinta. Calcula-se um critério de similaridade para cada par de região adjacente espacialmente. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. A seguir, divide-se a imagem em um conjunto de sub-imagens e então realiza-se a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido (Câmara 1996).

6. Classificação de padrões das imagens IVDN

Como as imagens IVDN foram segmentadas, foi utilizado o classificador Battacharya. A medida da distância de Battacharya é usada neste classificador por regiões, para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, estima a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. O classificador Battacharya, requer interação do usuário, através do treinamento. Neste caso, as amostras serão as regiões formadas na segmentação de imagens (Câmara,1996). A definição das classes foi feita a partir da análise visual das tonalidades de cinza, na tela do computador. As tonalidades de cinza claro a médio foram consideradas como representativas da cobertura vegetal; as escuras como representativas de corpos d'água e as tonalidades de cinza de médio a escuro como representativas do solo exposto. As imagens classificadas foram vetorizadas através da função Mapeamento, o que permitiu fazer uma quantificação das diferentes classes de vegetação, solo e água para cada município estudado. A quantificação das áreas em km² está sendo considerada relativa, embora a soma de seus valores corresponda ao total da área territorial do município. Como não foi objetivo do presente trabalho fazer uma quantificação mais acurada das classes, não foi feito um refinamento das mesmas, para eliminar possíveis erros de comissão ou de

omissão, podendo assim, haver uma certa diferença entre as imagens classificadas e as composições multiespectrais ajustadas. Os dados finais foram levados para o SCARTA para que as legendas fossem inseridas.

Adotou-se o mesmo procedimento para todas as imagens IVDN analisadas.

7.4. Diagnóstico das Vulnerabilidades Socioeconômicas

O levantamento de informações primárias foi realizado junto às famílias rurais, por visitas prévias e aplicação de um questionário, quando se avaliou o quadro das vulnerabilidades social, econômica, tecnológica e a seca. Essas informações permitiram identificar algumas características importantes das comunidades rurais, inerentes à construção social dos riscos de desastres a elas relacionadas.

Os questionários foram elaborados de forma fechada e aberta (Anexo 1), com base na metodologia de Rocha, 1997 com adaptações.

Foram aplicados 218 questionários no município de Sousa, 208 em Sumé e 153 em Picuí, números estes calculados pela fórmula (1) de Rocha, 1997.

$$n = \frac{3,841 \times N \times 0,25}{\{(a)^2 \times (N - 1) + 3,841 * 0,25\}} \quad (1)$$

Onde: **n** = número de questionários; **3,841** = valor tabelado; **0,25** = variância máxima para um desvio padrão 0,5; **a** = erro estimado; **N** = número de famílias na área.

Após a definição dos questionários, foram contactadas as Secretarias de Saúde dos Municípios, com as quais se estabeleceu de modo informal, um programa de trabalho para a aplicação dos mesmos junto às comunidades rurais, através do PACS¹. Para tal, foi feito um trabalho com os Agentes Comunitários de Saúde, que teve por base um treinamento sobre a aplicação dos questionários. O uso desses agentes deve-se ao fato dos mesmos terem uma maior facilidade de contato com as famílias rurais, terem maior confiabilidade destas famílias, aumentando assim o grau de confiabilidade das informações.

¹ PACS - Programa de Agente Comunitário de Saúde

Nos três municípios foram capacitados Agentes Comunitários de Saúde (ACM's), para que compreendessem os objetivos do trabalho e o conteúdo das informações necessárias (Foto 1).



Foto 1 – Agentes de Saúde do Município de Sousa em treinamento

Os agentes treinados receberam certificado comprovando a participação nas atividades (Anexo 2).

Conteúdo das informações

Foram levantados e analisados vários elementos, todos relacionados ao núcleo familiar, conforme a seguir:

1– Fator Vulnerabilidade Social

Variáveis: demográfica, habitação, consumo de alimentos, participação em organizações associativas, salubridade rural.

2- Fator Vulnerabilidade Econômica

Variáveis: produção vegetal, animais de trabalho, animais de produção, verticalização de matéria prima, comercialização, crédito e rendimento.

3- Fator Vulnerabilidade Tecnológica

Variáveis: uso de tecnologias, propriedades das máquinas e equipamentos.

4- Fator Vulnerabilidade a seca

Variáveis: recursos hídricos, produção, manejo da caatinga, exploração de espécies nativas, armazenamento, redução de rebanho, observação das previsões de chuva, ocupação nas estiagens, educação, administração rural, histórico das secas, sugestões, migração.

As variáveis foram divididas em itens, onde cada item está composto de alternativas para preenchimento.

A cada variável foram atribuídos valores (códigos de 1 a 2, 1 a 6, 1 a 8, etc), variando de acordo com o número de itens a ela associados e crescente com a piora da situação, ou seja, o valor maior do código representou a maior vulnerabilidade, e o valor menor do código representou a menor vulnerabilidade. Cada item teve seu valor máximo correspondente ao número de alternativas de preenchimento que ele possuía, e o mínimo foi sempre igual a 1 (Ver Tabela 4).

O valor de uma variável qualquer correspondeu ao somatório dos valores de seus itens. De forma que o valor máximo de uma variável qualquer correspondeu ao somatório dos valores máximos de seus itens, bem como o valor mínimo de uma variável qualquer correspondeu ao somatório dos valores mínimos de seus itens. Assim, se numa variável qualquer existiram quatro itens, cada um com três alternativas de preenchimento, a menor vulnerabilidade correspondeu ao código 4 e a maior ao código 12.

A soma dos códigos das variáveis com valor mínimo e máximo determinam os extremos do intervalo do fator de vulnerabilidade na qual é determinado o total da soma das variáveis de maior frequência entre os mínimos e máximos valores dos códigos das variáveis que é um valor significativo encontrado (x).

Cálculo das vulnerabilidades

A equação da reta abaixo foi utilizada para calcular as vulnerabilidades:

$$V = ax + b \quad \text{Onde:}$$

V = vulnerabilidade variando de zero (nula) até 100 (máxima);

a e b = constantes para cada Fator;

x = valor significativo encontrado.

Os valores encontrados de vulnerabilidade podem variar de zero (vulnerabilidade nula) até 100 (vulnerabilidade máxima) e foram divididos em quatro classes, de acordo com Araújo (2002), (Tabela 3).

Tabela 3 - Divisão das classes de vulnerabilidade (V).

Classes de Vulnerabilidade			
Baixa	Moderada	Alta	Muito Alta
0-15	16-30	31-45	maior que 45

8.RESULTADOS E DISCUSSÕES

8.1.VARIAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS ASSOCIADAS AO EVENTO ENOS

Dentre os efeitos mais evidentes do ENOS na região Nordeste, as variações pluviométricas são as que efetivamente devem receber maior destaque, visto que delas dependem praticamente todas as atividades desenvolvidas no meio rural com influência direta na economia das regiões afetadas. O semi-árido paraibano é caracterizado por baixas médias pluviométricas e altos índices de evapotranspiração, não bastassem estas adversidades, a distribuição pluviométrica (anexo3) se dá geralmente em um período muito curto do ano, e com distribuição temporal e espacial bastante irregular (Gráfico 6).

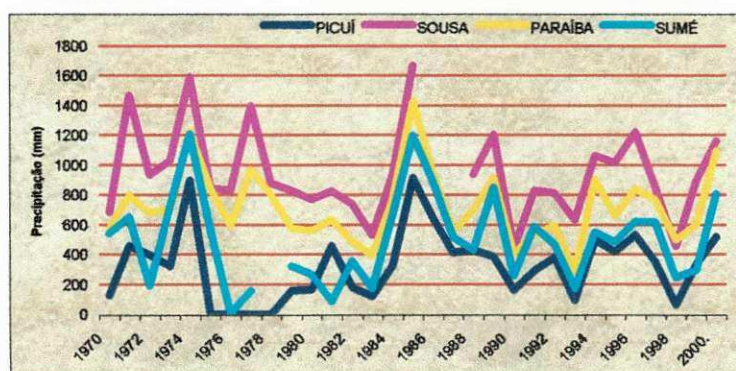


Gráfico 6. Precipitação média anual do Estado da Paraíba e dos municípios de Sousa, Picuí e Sumé para o período 1970-2000.

O município de Picuí é o que apresenta menor média histórica entre os estudados (média de 339mm/ano), seguido do município de Sumé (480mm/ano) e Sousa (780mm/ano). Entretanto é possível percebermos como esta distribuição é variável ao longo do período, com vários picos em torno da média histórica para cada região.

No Gráfico7 são apresentadas as curvas de distribuição média das precipitações dos anos El Niño, La Niña e Neutros para as décadas de 70, 80 e 90, como também a curva integrada (geral) das precipitações médias anuais do Estado.

Tanto as curvas por evento, como a curva geral mostraram um padrão semelhante durante as três décadas, ou seja, todas apresentaram um comportamento decrescente, indicando uma diminuição nas médias pluviométricas mesmo para os anos considerados normais. É importante questionar que de alguma forma as mudanças climáticas globais estão ao longo das décadas interferindo na pluviometria da região,

certamente influenciadas pelos desmatamentos, poluições dos rios e mananciais, emissão de gases tóxicos na atmosfera, entre outros fatores.

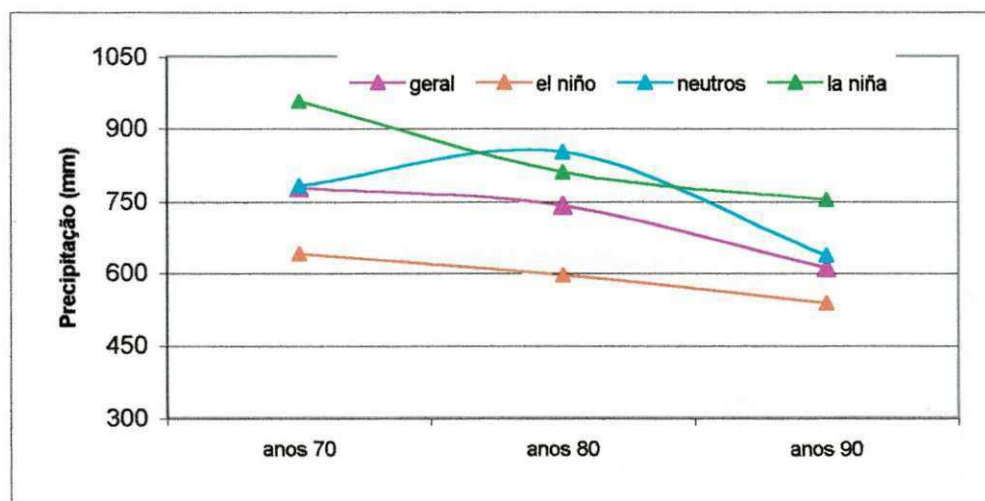


Gráfico 7- Precipitação média para décadas de 70, 80 e 90 (Paraíba)

É possível observar que a curva referente ao período influenciado pelos eventos El Niño é a que apresenta as menores precipitações nas três décadas, estando bem abaixo das outras, mas tendo o mesmo padrão de queda das precipitações da curva para os anos La Niña na década de 80 com acentuação na década de 90, períodos em que aconteceram os mega eventos El Niño (82/83 e 97/98), levantando assim a hipótese de que os mega eventos efetivamente acentuam as quedas pluviométricas da região.

A curva representativa do evento La Niña em termos de quantidade de chuvas, mostra um efeito contrário, com médias pluviométricas superiores às médias gerais do Estado e bem acima das médias do período El Niño.

Na avaliação dos efeitos do evento ENOS na precipitação do Estado da Paraíba, foi utilizado o programa Assistat versão 6.2 teste de Wilcoxon-Monn-Whitney. O resultado mostrou que realmente existe diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os períodos com e sem influência do evento ENOS para o Estado da Paraíba, validando assim os dados observados no Gráfico 7, ou seja, que efetivamente o El Niño tem tido influência na queda das médias pluviométricas das regiões estudadas. Durante os trinta anos avaliados verificou-se a ocorrência do evento El Niño em quatorze anos (quase 50% do período), o que mostra a importância de estudar o evento de forma qualitativa e quantitativa. É preciso compreender o El Niño não como causador da seca,

que é um fenômeno natural, mas como um evento capaz de acentuar este período de escassez de água, tornando-o mais intenso e demorado, agravando ainda mais a degradação das terras semi-áridas e os índices sociais e econômicos da população rural.

Por outro lado, se o evento ENOS mostra ter influência sobre a pluviometria do Estado da Paraíba, esta influencia não é tão representativa em todas as áreas, pois a distribuição espacial das chuvas é bastante variável dentro do próprio Estado, com regiões como o agreste/litoral, que têm médias pluviométricas bem mais elevadas do que as do semi-árido.

Os Gráficos 8(a), 8(b) e 8(c) mostram a pluviometria das regiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Agreste/Litoral para o período de 1994 a 1998 e neles podemos observar que o efeito do mega evento El Niño 97/98 foi bem mais severo no Cariri/Curimataú e no Sertão do que no Agreste/Litoral, onde este efeito foi mais moderado. Além disso, os gráficos dão uma idéia mais concisa de quando o evento começou a atuar na região e sua duração.

Os gráficos mostram ainda que as menores precipitações durante a atuação do mega El Niño de 97/98 ocorreram no ano de 1998 e que no ano de 1997 as chuvas praticamente foram normais. Para o Estado da Paraíba e para as áreas testes estudadas, os efeitos deste mega evento foram mais caracterizados no ano de 1998, quando todo o semi-árido paraibano esteve sob o domínio de uma das mais severas e prolongadas seca.

Um fato importante a ser observado decorre da análise comparativa entre estes gráficos e os dados da Tabela 1 (Tabela de consenso) e do gráfico 3 da página 34. Enquanto que o evento El Niño mostrava todo o seu vigor já a partir do mês de maio de 1997 e mantendo-se atuante até maio de 1998, no semi-árido Paraibano o seu efeito praticamente só foi sentido no ano de 1998. Em 1997 a precipitação média não se afastou muito das normais climatológicas, apresentando uma aparente normalidade em relação às quadras chuvosas do semi-árido, que terminam ao redor do mês de junho.

Na região do Agreste/Litoral já se observa uma tendência negativa em relação à climatologia, no entanto a curva para o ano de 1997 mostra uma similaridade com a do ano de 1996. O final do ano de 1997, a partir do último quadrimestre já apresenta para as 3 regiões uma conformidade do padrão-precipitação praticamente nula, que aparentemente parece ser uma resposta direta ao máximo desenvolvimento do Mega

Evento El Niño no Pacífico. No entanto, fazendo-se um paralelo, para a região, este fato não é tão significativo, pois normalmente esta época é considerada de seca.

O ano de 1998, desde o seu início que praticamente coincide com o início das quadras chuvosas no semi-árido, já se apresenta anômalo, com precipitações muito baixas e irregulares, como observadas nas regiões do Cariri/Curimataú com um índice de 25mm e do Sertão com um índice em torno de 75 mm para o período de janeiro a junho. Esta baixa pluviosidade, que se estendeu ao longo de todo o ano de 1998, somando-se aos meses de seca, a partir de junho do ano anterior, definiu um longo período de estiagem, totalizando aproximadamente 18 meses. Mesmo com o início na segunda metade do ano de 1998 de um evento La Niña Moderado, como mostrado na Tabela 1 e no gráfico da página 34, praticamente não houve mudança dessa situação climática em todo o Estado. Em 1999 houve um aumento do índice pluviométrico, mas não homogêneo, a exemplo do Município de Sumé que alcançou apenas 297, 8 mm/ano (Anexo 3), valor bem abaixo de sua média anual histórica.

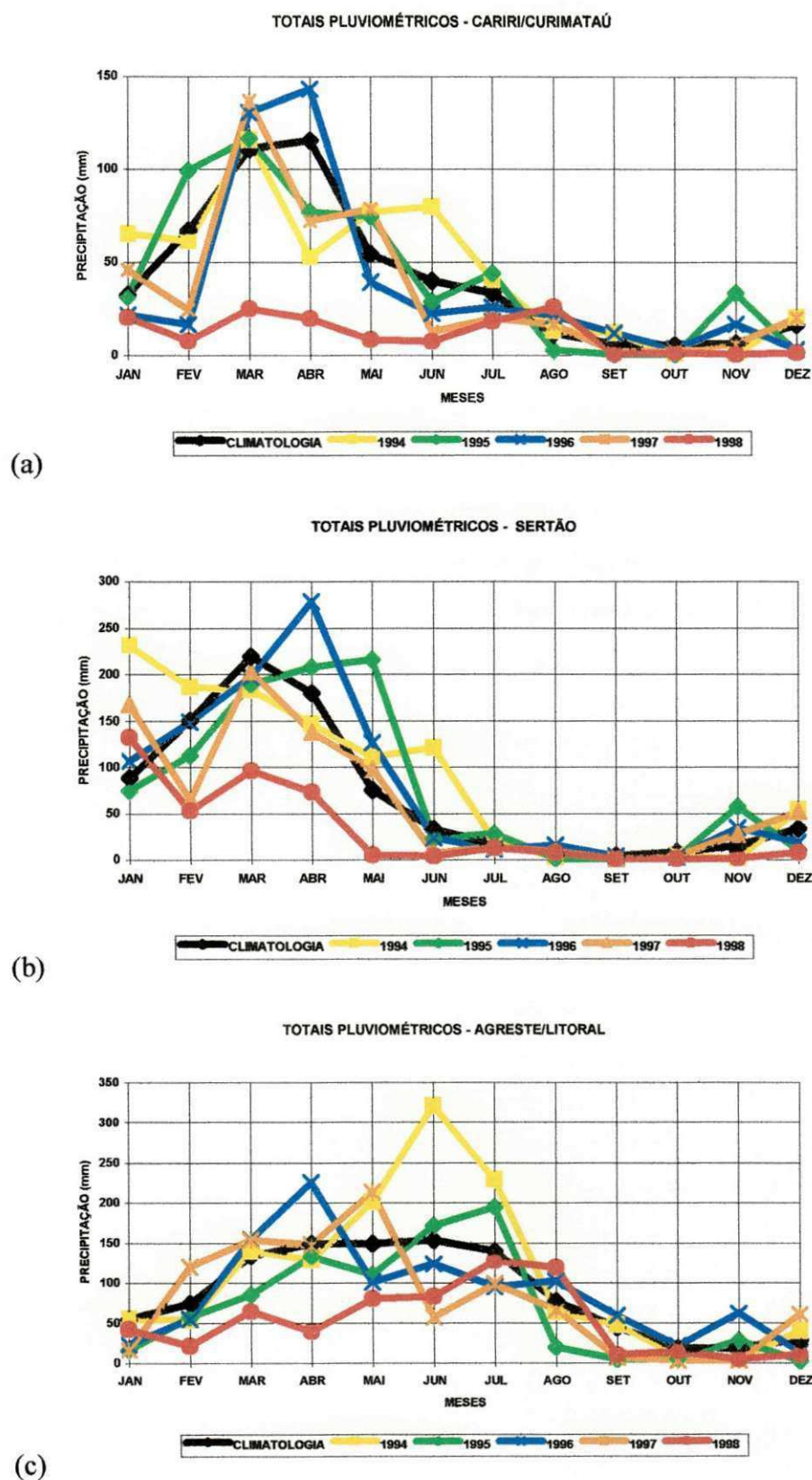


Gráfico 8 - Médias pluviométricas para as regiões do Estado – PB.
Fonte: LMRS (2000).

Este período correspondente ao El Niño 97/98, foi sem dúvidas um verdadeiro desastre para o Estado, com queda de produção em praticamente todos os setores produtivos da agropecuária. Os dados da FIBGE (2001) mostram que a produção de feijão em Picuí caiu de 540t em 1997 para apenas 40t em 1998. Estes dados tornam-se ainda mais expressivos e surpreendentes quando se observa que esta quebra de produção é uma causa direta dos efeitos climáticos, pois a área plantada foi praticamente a mesma nos dois anos. A justificativa para o ano de 1997 ter tido uma boa produção apesar de ter sido o ano de instalação do mega evento El Niño 97/98, reside no fato de que a fase madura do evento se dá depois da metade do ano, atingindo sua máxima intensidade no início do ano seguinte, o que justifica a possibilidade de boa colheita no ano de instalação do evento, já que a mesma se verifica ainda no primeiro semestre. Em Sousa, o número de cabeças de gado que em 96 começava a recuperar-se da longa estiagem de 1991 a 1994 e já contabilizava 35.957 cabeças caiu para 28.157 em 97 e para 26.750 em 98.

O Gráfico 9 mostra a curva das médias pluviométricas referentes aos anos de El Niño para o município de Sousa, onde observa-se que praticamente 80% dos valores ficaram abaixo da média pluviométrica do município. A análise feita no Assistat, utilizando o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney mostrou que existe uma diferença significativa à nível de 5% de probabilidade entre estas médias, confirmando a hipótese da influência do evento ENOS na climatologia do município de Sousa para o período de 1970 a 2000.

Nas análises pluviométricas relacionadas aos eventos ENOS é preciso levar em consideração a fase madura do evento, uma vez que a evolução típica do fenômeno mostra que se inicia no começo do ano, atinge sua máxima intensidade durante o mês de dezembro daquele ano e o mês de janeiro do ano seguinte e apenas começa a se enfraquecer na metade do segundo ano (CPTEC,1998). Portanto na grande maioria das vezes o efeito mais forte do evento se dá no ano seguinte ao da sua instalação. Outro fator importante e que não podemos deixar de relacionar em nossas análises é a efetiva relação do IOS (índice de oscilação sul, Gráfico 4, pg 39) com a intensidade dos efeitos a que este fenômeno está relacionado.

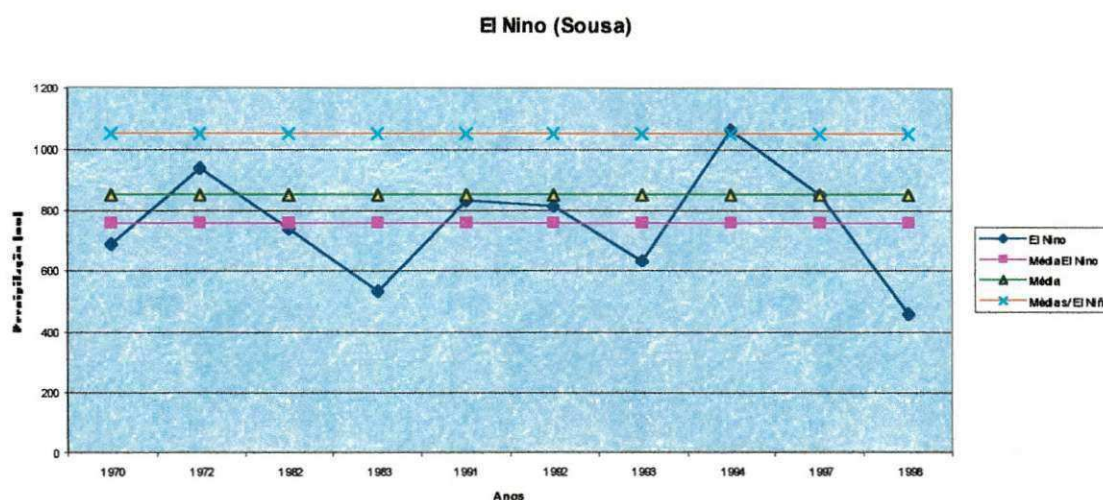


Gráfico 9. Médias pluviométricas referentes aos anos de El Niño –Sousa PB

Uma questão relevante com relação à influência do fenômeno é que a média representada na curva pela cor verde foi calculada a partir dos dados pluviométricos gerais da região, incluindo assim os anos de mega eventos. Certamente que quando calcula-se esta média excluindo os anos de El Niño, curva laranja, fica mais explícito a influência do evento, e praticamente toda a curva representativa do El Niño fica quase 300mm/ano abaixo deste valor.

A exemplo do El Niño de 97/98 o mega evento de 82/83 também trouxe conseqüências desastrosas para a região de Sousa, com perda de colheita e redução drástica na pecuária. Segundo dados da FIBGE (2000) o número de bovinos que era de 42.120 em 1981 caiu para 33.697 em 1982 e para apenas 23.589 cabeças em 1983. É importante ressaltar que esta redução ocorreu, não por planejamento dos produtores diante da vulnerabilidade e do risco a que estavam expostos, mas principalmente por falta de sustentabilidade que invariavelmente resulta em perdas.

Estas perdas econômicas, que são traduzidas em grandes prejuízos para o Estado, têm como pano de fundo a falta de políticas públicas adequadas capazes de municiar os produtores rurais de informações e assistência técnica, como parte inclusive de um sistema de alerta antecipado, baseado nos prognósticos climáticos, capazes de minimizar a vulnerabilidade a que os mesmos se encontram, já que o risco vai sempre existir.

Esta redução da vulnerabilidade cujo caráter abrange dimensões sócio-econômica-ambientais precisa ser inserida em programas permanentes de governo.

O gráfico 10 representa a variação das médias pluviométricas de Sousa referente aos períodos sob influência dos eventos La Niña, onde se pode observar um aumento da precipitação com relação à média do município em todos os anos em que o evento se fez presente. Com relação ao Nordeste brasileiro e especialmente ao semi-árido os anos La Nina têm trazido benefícios às regiões afetadas, melhorando os níveis dos reservatórios, propiciando o aumento das produções agrícolas e pecuárias, favorecendo a agricultura de subsistência e possibilitando assim a permanência do homem no campo.

Assim como ocorre com o evento El Niño, o La Niña está também diretamente relacionado com o IOS, sendo que neste caso, quanto maior este índice for, maior será a influência do evento nas regiões afetadas. É possível observar no Gráfico 10 que os picos de precipitação ocorreram principalmente em 1988/1989 e 1995/1996, anos em que se verificaram os maiores índices de oscilação sul do período estudado.

Um dado importante de mencionar segundo o (CLIMERH, 2002), é que os eventos La Nina apresentam maior variabilidade e ocorrem com uma frequência menor que os eventos El Niño. De 1900 a 1997, ocorreram 28 episódios El Niño e apenas 18 La Niña.

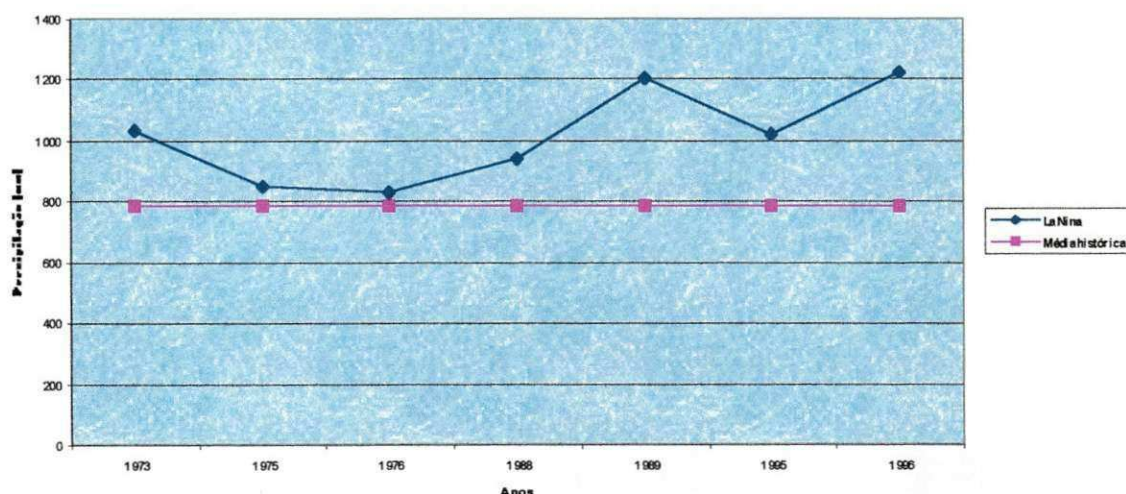


Gráfico 10. Médias pluviométricas referentes ao período La Niña – Sousa Pb.

Como reflexo positivo deste período na agricultura pode-se citar, segundo dados da FIBGE (2000) o aumento da produção de cocos para o município que passou de 74 (1985) para 150mil(1986), comprovando o aspecto favorável do efeito La Niña para regiões semi-áridas.

A evolução da pecuária bovina de Sousa mostrada no gráfico 11 deixa bem caracterizado como as variações da produção correlacionam-se com os eventos ENOS.

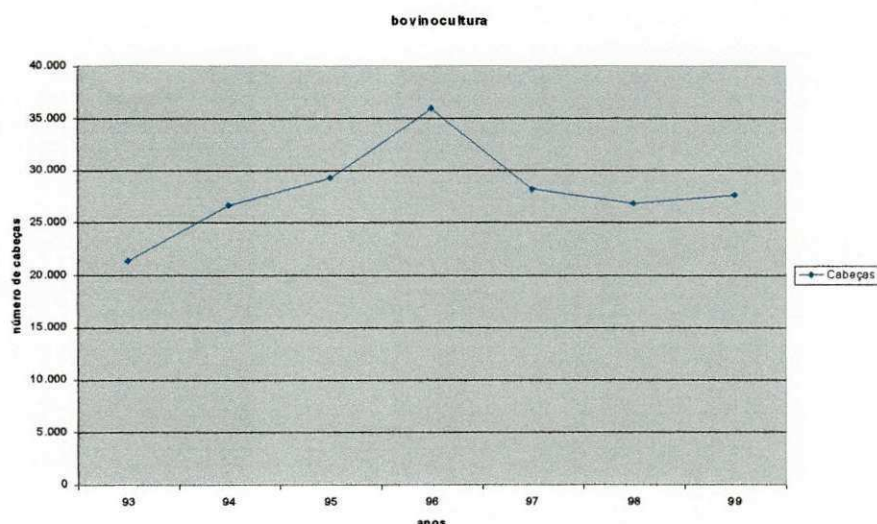


Gráfico 11- Variação do efetivo bovino face aos ENOS.

Pode-se observar que de 1994 para 1996(ano de La Niña) houve um acréscimo bem significativo do número de cabeças, passando de 26.630 para 35.957(pico) voltando a cair para 26.750 cabeças em 1998(ano de El Niño).

O Gráfico 12 mostra a variação pluviométrica de Picuí relativa aos anos El Niño, onde é possível observar que na maior parte do período, cerca de 65% dos valores ficaram abaixo da média histórica da região.

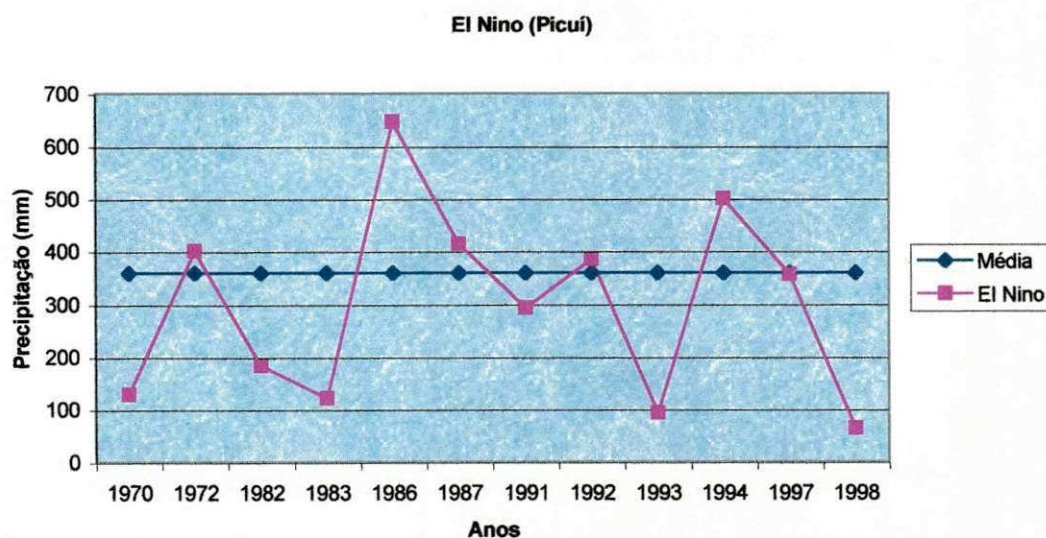


Gráfico 12. Médias pluviométricas referentes aos anos El Niño – Picuí PB

Pode-se observar que os anos dos mega eventos de 1982/1983 e 1997/1998 e de 1992/1993 foram os que apresentaram as mais baixas precipitações médias da região, ficando muito aquém da média histórica. No caso específico do mega evento de 1997/1998 a média pluviométrica da região foi influenciada de tal forma que para o ano de 1998 ela foi de apenas 63,8mm, caracterizando-se, em termos climáticos, em um verdadeiro desastre ENOS para a região.

Como reflexo direto na economia, segundo dados da FIBGE (2000) pode-se citar a drástica quebra na produção de milho que em 1997 foi de 136t e em 1998 caiu para apenas 3,1t e na de feijão que passou de 540t em 1997 para apenas 40t em 98. Na pecuária bovina o efeito também foi bastante significativo, pois o rebanho da região que em 96 era de 8.030 cabeças foi reduzido para apenas 2.185 cabeças em 98 e para 2.100 cabeças em 1999, ainda como conseqüência do mega evento 1997/1998. Um fato importante de mencionar é que como reflexo direto das secas sucessivas acentuadas pelos eventos ENOS e também pela falta das políticas públicas, os municípios a exemplo de Picuí, que já foi conhecido pela quantidade e qualidade de sua carne de sol, passam de exportadores para importadores de alimentos, causando um empobrecimento ainda maior da região.

Aplicando-se o Assistat 6.2 teste de Wilcoxon-Monn-Whitney verifica-se através da comparação das médias que realmente existe diferença significativa à nível de 10% de probabilidade entre os períodos com e sem influência do evento para o município de Picuí.

O Gráfico 13 mostra a pluviometria de Sumé referente aos anos El Niño, onde observa-se que 75% dos valores ficam abaixo da média histórica do município.

Um fato interessante de se observar no Gráfico 13 é o pico pluviométrico referente ao El Niño 86/87, fato este semelhante ao que ocorreu nos demais municípios estudados. É preciso levar em consideração que além deste El Niño ter sido um evento bem moderado, no ano de instalação (1986) seu efeito praticamente não interferiu na pluviometria da região, que sucedeu um ano considerado normal. Na realidade as quedas pluviométricas deste evento só aconteceram em 1987, quando o evento atuou efetivamente na estação chuvosa dos municípios, cujas médias pluviométricas ficaram abaixo das médias históricas, afetando assim a produção agropecuária.

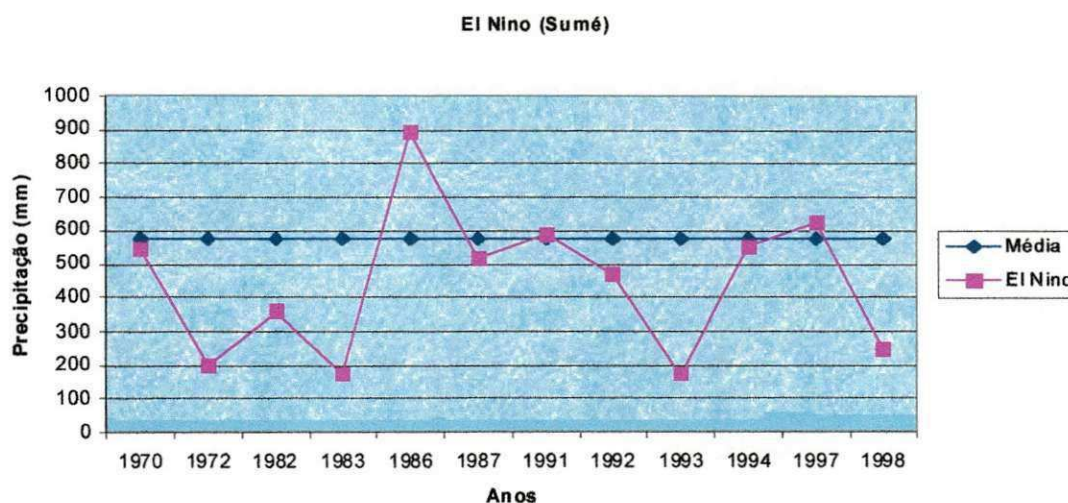


Gráfico 13. Médias pluviométricas referentes aos anos El Niño – Sumé PB.

Mais uma vez evidencia-se a influência dos mega eventos de 1982/1983 e 1997/1998, cujo reflexo na queda das precipitações são bastante acentuadas. A exemplo dos demais municípios estudados o evento de 1993 também resultou em precipitações baixíssimas com reflexos evidentes nas produções agrícola e pecuária. Segundo dados da FIBGE (2000), em 1992 o município contava com 15.125 cabeças de gado, em 1993 este número caiu para 8.400 cabeças e em 1994 chegou a apenas 6.720 cabeças. O mega evento 1997/1998 também gerou uma redução no rebanho bastante significativo, caindo de 10.534 cabeças em 1997 para apenas 6.320 cabeças em 1999. Quanto a produção de feijão que em 96 foi de 400t caiu para a insignificante quantia de 6t em 1999, explicitando o efeito danoso do evento para a região e caracterizando a situação de vulnerabilidade em que se encontra aquela população.

Através do estudo estatístico encontrou-se através do Assistat versão 6.2 teste de Wilcoxon-Monn-Whitney que existe diferença significativa à nível de 5% de probabilidade entre as médias pluviométricas com e sem influência do El Niño para o município.

8.2. SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DOS EFEITOS DO MEGA EL NIÑO 97/98 EM PARTE DO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE ORIENTAL

A degradação ambiental das regiões semi-áridas está relacionada com uma série de fatores intrínsecos, entre os quais pode-se citar: a ação antrópica como consequência direta da falta de sustentabilidade; as altas taxas de evapotranspiração; baixos índices pluviométricos e o mau uso da terra. O efeito ENOS acelera este processo de degradação, acentuando as adversidades causadas pelas estiagens prolongadas, funcionando como um catalisador do antropismo a que o homem se vê obrigado a exercer, quer por ignorância, devido a falta de assistência técnica, uma das deficiências das políticas públicas adotadas, quer pela necessidade de sobrevivência devido a falta de sustentabilidade.

Para entender os possíveis efeitos do fenômeno ENOS sobre as regiões estudadas (Municípios de Sousa, Sumé e Picuí), consideradas pontuais, em termos de escala global, optou-se por estudar os efeitos do El Niño 97/98 em parte dos territórios dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Para tal, utilizou-se imagens Quick Look, fornecidas pela Engesat, e Intersat, das seguintes cenas:

- 215-64 que engloba a parte central do Rio Grande do Norte e Norte do Estado da Paraíba, onde se insere parte do município de Picuí;
- 215-65 que engloba a parte sul do município de Picuí e totalmente o município de Sumé e parte norte do Estado de Pernambuco;
- 216-65 que engloba totalmente o município de Sousa, a parte sul do Estado do Rio Grande do Norte, norte de Pernambuco e Leste do Estado do Ceará.

A análise consistiu no estudo de imagens de períodos pré-eventos, de imagens do período do evento e de imagens do período pós-evento, para cada uma das órbitas/pontos estudadas. Todos os quick look são apresentados na combinação colorida RGB 5, 4 e 3.

A Figura 10.1 apresenta as imagens quick look do Landsat-5 da cena 215-64 com datas distintas. Para esta cena não existem imagens com baixo percentual de cobertura de nuvem para os anos de 1996 e 1997. Dessa forma foram analisadas imagens dos anos de 1995, 1998, 1999 e 2001.

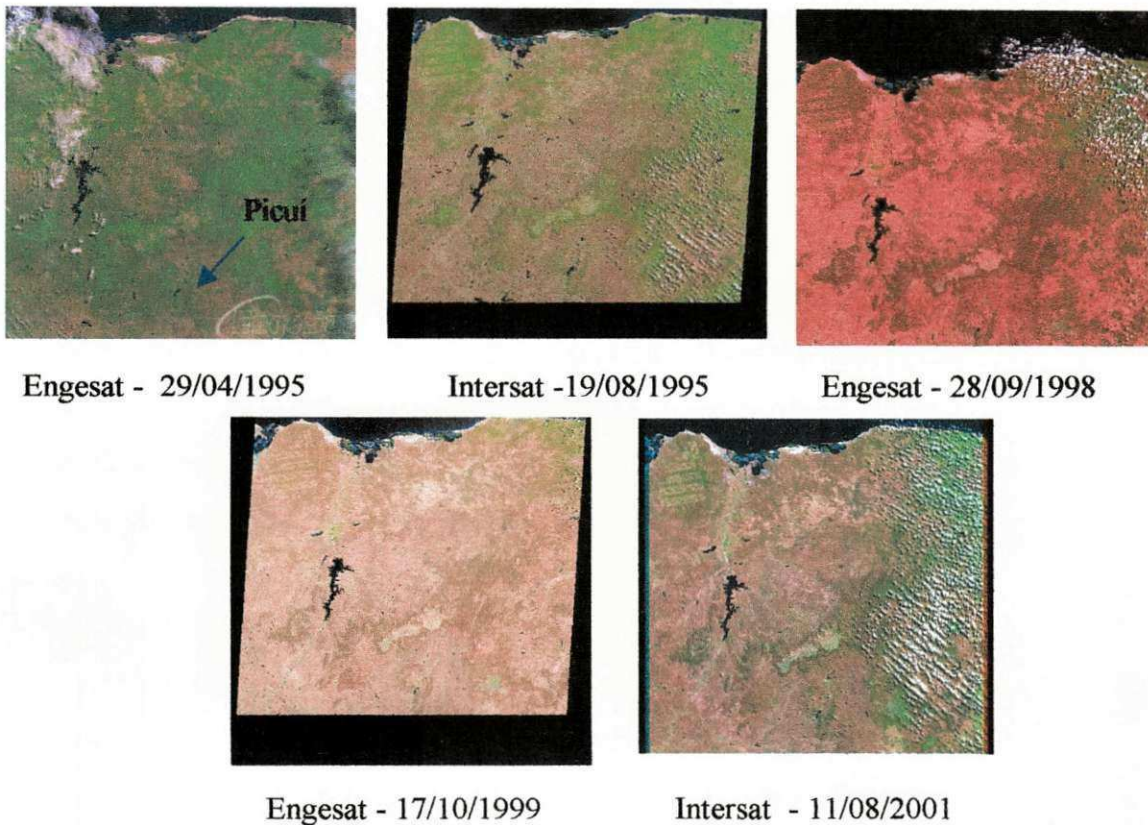


Figura 10.1. Imagens Quick Look - cena 215-64.

O ano de 1995, como mostram as cenas de 29/04/1995 e de 19/08/1995, teve um desenvolvimento climático dentro dos padrões considerados para os anos normais sem seca. Em abril, período da quadra chuvosa, as precipitações ainda se mantinham elevadas, a exemplo do município de Picuí, que acumulou no mês cerca de 98 mm. Este efeito da normalidade das chuvas pode ser observado em praticamente toda a área da imagem, que se caracteriza de um modo geral pela cor verde. No entanto, algumas áreas estão caracterizadas por uma cor rosa claro, indicando a presença de solos expostos e de uma vegetação aberta. Em agosto de 1995, a estação da chuva já terminou e as áreas de solo exposto ocupam agora uma grande porção da imagem, principalmente as áreas mais baixas no relevo. O que chama atenção é que a zona costeira também é atingida pela estiagem. Porém, este fato pode ser considerado dentro da normalidade, visto que no Rio Grande do Norte, como no Ceará, o clima semi-árido se estende até o litoral norte. Embora para este ponto não se conseguiu imagens do ano de 1996, pode-se supor, pela imagem quick look 215/65 da figura 12 de 26 de janeiro de 1996, que a quadra chuvosa daquele ano tenha sido normal. A precipitação média anual acumulada em Picuí, em 1996,

foi de 533,5 mm, bem acima das médias históricas. A imagem de 1998 mostra o rigor do efeito do El Niño 97/98. Praticamente toda a região está despida de vegetação, e o solo altamente vulnerável à erosão. As precipitações foram muito baixas, e a exemplo de Picuí o acumulado do ano de 1998 foi de somente 63,8 mm de chuva. Esta situação se prolonga pelo ano de 1999, embora as precipitações tenham sido maiores, mas estiveram abaixo das médias históricas, perdurando assim a situação de estresse hídrico da vegetação e de erosão dos solos. Comparando-se a cena de 11 de agosto de 2001 com a cena de 19 de agosto de 1995, verifica-se que os efeitos do evento El Niño 97/98 ainda são sentidos na região. Somente as áreas mais elevadas apresentam o desenvolvimento de uma vegetação mais verde. Na primeira o aspecto vegetativo é bem mais abundante que na de 2001, onde se enxerga mais áreas de solos expostos e uma cobertura vegetal mais tênue, embora ambas sejam da fase em que a vegetação já começa a se ressentir pela falta de água. Por outro, lado deve-se levar em conta a degradação ocorrida na região após seis anos de intervalo entre uma e outra imagem, degradação esta que provavelmente foi acentuada pelo mega evento El Niño 97/98, como consequência da falta de políticas públicas que possibilitassem melhor sustentabilidade ao homem diminuindo assim a utilização exacerbada dos recursos naturais, causando em algumas áreas processos de degradação irreversíveis. Dessa forma, os efeitos do EL Niño 97/98 extrapolam a duração do evento, e eles não são traduzidos unicamente em termos climáticos, com a diminuição das médias pluviométricas a partir daquele El Niño, mas em termos sociais e econômicos. O êxodo rural cresceu, diminuiu a produção e a produtividade rural, aumentou o empobrecimento das famílias rurais, e conseqüentemente as suas vulnerabilidades, social, econômica, tecnológica e a seca.

A parte central paraibana, abrangendo as regiões do Cariri-Seridó/Curimataú mostra um quadro semelhante ao do Rio Grande do Norte, para o período pré-El Niño 97/98. O período El Niño está bem caracterizado nas imagens de 09 de setembro de 1997 e de 10 de dezembro de 1998. Praticamente o verde desapareceu da região. A vegetação por certo neste período esteve sob os efeitos de um dos mais intensos processos de estresse hídrico, utilizando todos os seus mecanismos de defesa, tais como: síntese de ácido abscísico, fechamento de estômatos, redução de fotossíntese, senescência etc, em uma luta feroz pela sobrevivência, contra as condições climáticas adversas e contra o homem que a usa pra sobreviver.

O efeito deste Mega evento foi ainda sentido no ano de 1999, como mostra a imagem de 17 de outubro de 1999, que praticamente é uma repetição dos dados dos dois anos anteriores. As precipitações foram muito baixas (297 mm), e o pouco que houve não permitiu a recuperação da maioria dos corpos d'água.

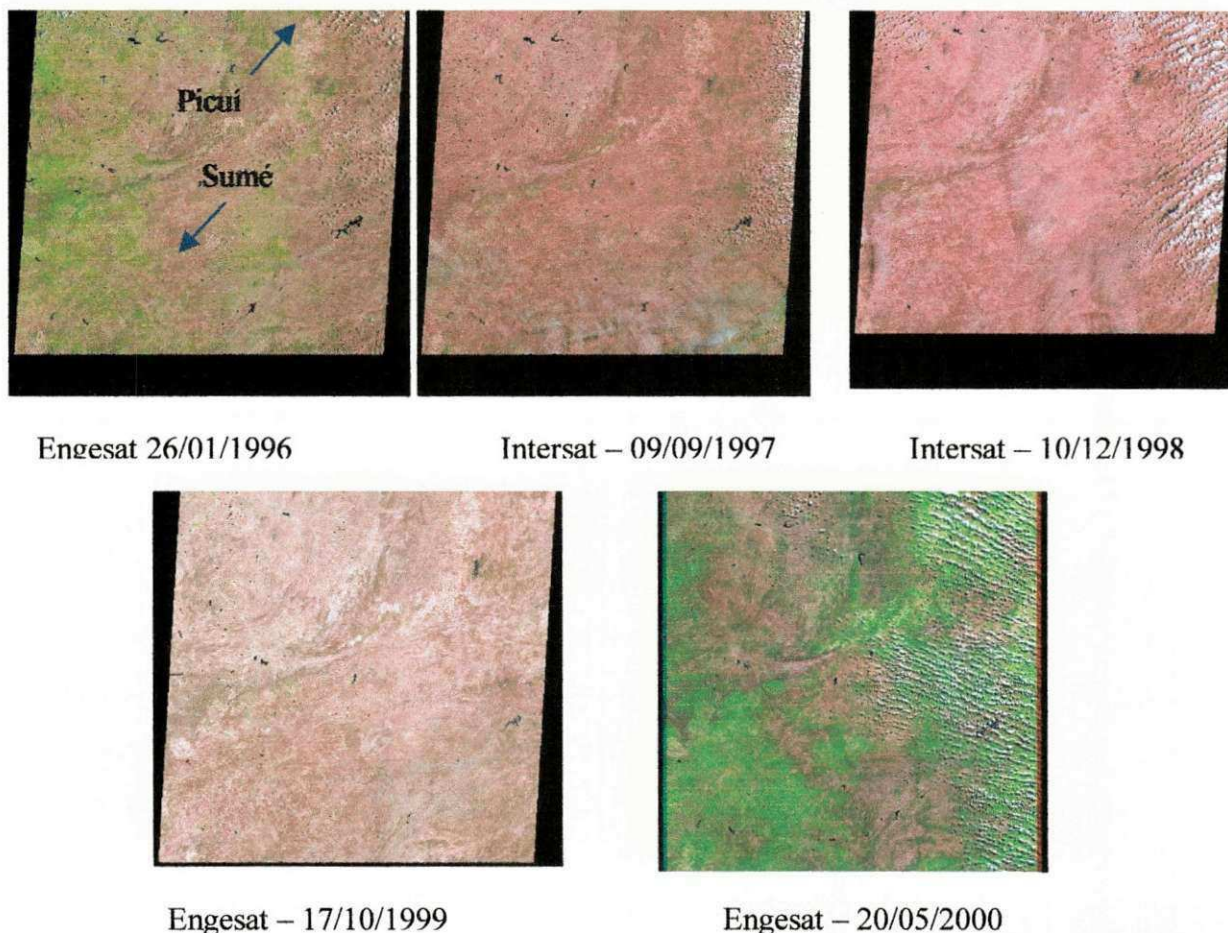


Figura 11. Imagens Quick Look - cena 215-65

No ano de 2000, ano de La Niña, houve um certo incremento nas precipitações durante a estação chuvosa, com uma média de 809,3 mm, superior à média histórica de 584,9 mm. Porém a distribuição espacial não foi homogênea. Praticamente nas zonas mais rebaixadas do relevo na região do Seridó, as chuvas foram poucas, o mesmo acontecendo em grande parte do Cariri Ocidental, Municípios de Serra Branca, São João do Cariri, Cabaceiras, etc, como mostra a faixa de cor predominantemente rosa de direção Norte-Sul que ocupa a parte central da cena de 20 de maio de 2000. Na imagem de janeiro de 1996, no início da quadra chuvosa daquele ano, esta faixa apresentava uma certa quantidade de vegetação verde, mostrando que nela, a vegetação ainda tinha um certo poder de recuperação, fato não observado na imagem de 2000. Isto vem a corroborar com os dados

de campo obtidos por Barbosa, (2003 – informação oral) que estudando os Municípios de São João do Cariri e Cabaceiras, verificou o aumento das áreas de solos expostos após último Mega Evento El Niño 97/98, em território hoje definido como um dos maiores núcleos de desertificação do Estado da Paraíba.

Para a região do Alto Sertão Paraibano, o ano normal sem seca de 1996 apresentou uma alta pluviosidade média, atingindo 1221,8 mm, muito acima da média histórica de 780 mm/ano. A imagem quick look de 11 de julho de 1996 dá uma idéia do comportamento da região no final da quadra chuvosa, pela distribuição do verde na imagem. Em uma análise mais criteriosa, pode-se observar, que esta distribuição do verde não é homogênea. Os tons de rosa ou de marrom claro mostram áreas de solos expostos e áreas de vegetação rala, indicativos de uma degradação que vem se acentuando ao longo do tempo, dentro de um processo histórico da construção social dos riscos no semi-árido, desde o início de sua colonização.

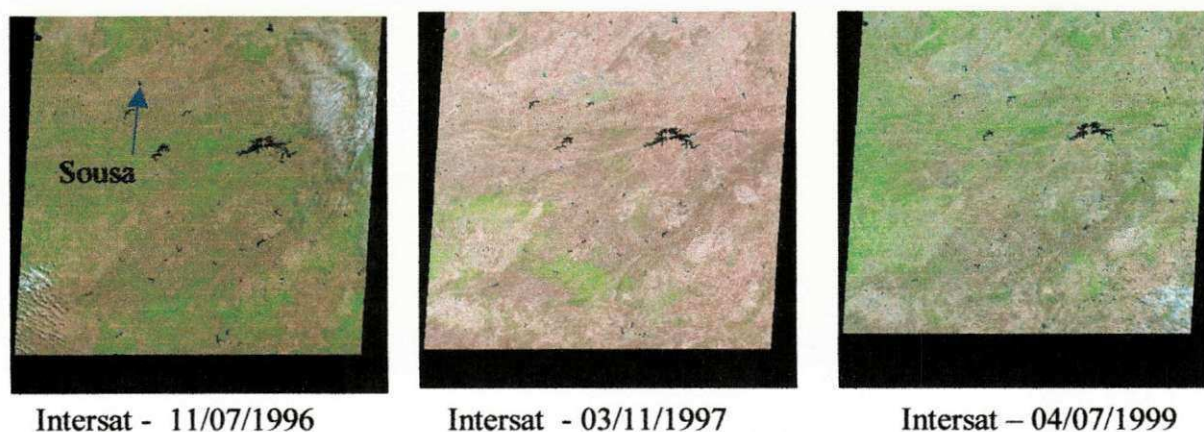


Figura 12. Imagens quick look - cena 216-65

Na imagem de 03 de novembro de 1997, do período do Mega Evento EL Niño 97/98, o efeito praticamente é idêntico ao observado nas outras duas regiões acima discutidas. Praticamente a vegetação desaparece. Somente na região de São Gonçalo ainda permanece o verde, e na porção sudoeste da imagem, nas regiões serranas de Pernambuco. Para a imagem de 04 de julho de 1999, ano de La Niña, verifica-se que houve uma certa recuperação da vegetação pós o Mega Evento El Niño 97/98, embora a precipitação tenha sido inferior a média. Comparando esta imagem com a imagem do mesmo período do ano de 1996, verifica-se que as áreas das manchas de solos expostos ou de vegetação rala aumentou. Possivelmente este fato está ligado ao efeito devastador do Mega Evento El

Niño 97/99 sobre a vegetação e o meio ambiente como um todo. Além do mais, sem água da chuva o produtor rural deixa de produzir e para se sustentar ele se volta contra a vegetação, explorando-a para produzir lenha e carvão para o seu sustento, agravando ainda mais os efeitos climáticos na região.

Uma observação importante de ser feita com relação à cobertura vegetal nos anos de inverno regular é que em muitas situações esta vegetação geralmente caracterizada por espécies invasoras (vegetação secundária) como a jurema e o marmeleiro mascaram a verdadeira situação física em que se encontra o solo. Esta degradação fica bem transparente quando durante os trabalhos de campo entra-se mato adentro e enxerga-se a erosão laminar, a erosão por sulcos e até mesmo a formação de voçorocas mascaradas em quase sua totalidade quando olhamos de longe ou mesmo através das imagens obtidas nestes períodos mais amenos.

Até mesmo os próprios núcleos de desertificação nos períodos de inverno regular fornecem paisagens capazes de ludibriar observadores menos atentos, uma vez que a máscara formada pela regeneração desta vegetação de porte baixo denota uma situação aparentemente satisfatória, o que não condiz com uma realidade de solos altamente vulneráveis, degradados em todos os níveis de erosão, rasos, sem matéria orgânica incorporada, pedregosos e com uso praticamente nulo caracterizando assim o caminho da desertificação.

De um modo geral, na observação das imagens 215-64 (28/09/1998), 215-65 (09/09/1997 e 10/12/1998) e 216-65 (03/11/1997) verifica-se uma certa identidade na reflectância da vegetação demonstrando visivelmente o efeito acentuado do mega evento El Niño 97/98 para o semi-árido nordestino oriental. Este efeito avassalador teve uma influência direta das precipitações, principalmente durante o anos de 1998, que foram muito baixas, a exemplo dos municípios de Picuí, com 63,8 mm e Sumé com 243,4 mm.

Apesar de não ter para análise uma imagem do ano de 1998 referente à cena 216-65, por conta de cobertura de nuvem, acredita-se que o comportamento da paisagem tenha sido semelhante ao do ano anterior, por relatos históricos e pelos dados pluviométricos de Sousa que foi de apenas 457,9mm para o ano de 98, quando sua média histórica é de 780mm. Além disso, a imagem de 04/07/1999 mostra ainda um quadro bastante crítico.

Dessa maneira, com base na análise dos produtos sensores estudados, conclui-se que o Mega Evento El Niño 97/98 teve um papel importante no desenvolvimento ambiental do semi-árido do nordeste oriental.

A degradação ambiental do semi-árido do nordeste oriental face ao evento ENOS é visivelmente percebida nas imagens orbitais das áreas afetadas. Quando compara-se imagens de períodos de inverno regular (215-64 de 29/04/1995) com imagens de períodos de eventos El Niño e pós-eventos (215-64 de 28/09/1998 e de 17/10/1999) é que percebe-se como este efeito é real, comprovando assim o poder catalisador do evento. O ENOS por si só não é o agente causador desta degradação, mas um fenômeno capaz de produzir efeitos adversos, interferindo no clima, acentuando e prolongando a seca e conseqüentemente favorecendo a ação antrópica em que o homem do campo se vê obrigado a efetuar como única forma de sustento para sua família.

8.3. RISCO A DESASTRE

Entende-se por risco qualquer fenômeno de origem natural ou humano que implique em mudanças no meio ambiente ocupado por uma comunidade que seja vulnerável a esse fenômeno. Esta vulnerabilidade em que se encontra a comunidade é representada pela incapacidade de absorver os efeitos de uma determinada mudança em seu meio ambiente, ou seja, sua incapacidade para adaptar-se a essa mudança, que constitui um risco. Como conseqüência desta incapacidade, quando o risco se efetiva, tem-se o **desastre**.

Tome-se como exemplo um cidadão que mora em Sousa e têm um sítio na comunidade Tanques. Ele utiliza água da chuva que armazena em uma cisterna. No ano de 1997, início do mega evento El Niño 97/98, a quantidade de água disponível era suficiente para satisfazer às necessidades básicas de sua família até o início do próximo período chuvoso, caracterizando uma vulnerabilidade a estiagem. Havia o Risco de não chover e a ameaça da seca se tornar realidade, causando um desastre àquela família que não dispunha de meios através dos quais pudesse obter água. Como em 98 efetivamente não choveu, a ameaça se tornou realidade e a família sofreu por falta de água resultando em um desastre anunciado devido a vulnerabilidade evidente em que se encontrava a família face ao risco natural da seca acentuado ainda mais pelo ENOS. A intensidade do desastre dependerá da magnitude da seca (intensidade e duração) e do grau de vulnerabilidade da

família (número de pessoas, recursos financeiros, tamanho dos reservatórios, proximidade de centros urbanos etc.).

Portanto pode-se concluir que, sendo, **Desastre = Risco x Vulnerabilidade**, quanto mais a vulnerabilidade se aproxima de um valor mínimo menor será o desastre a que a comunidade será submetida.

Admitindo a seca como fenômeno natural, por vezes acentuada pelos eventos El Niño, conclui-se que para amenizar seus efeitos nas comunidades afetadas precisamos de mecanismos capazes de diminuir a vulnerabilidade destas comunidades ao risco seca, como única forma de atenuar o desastre. Para tanto precisa-se conhecer e diagnosticar o grau de vulnerabilidade destas comunidades.

8.3.1 Determinação das Vulnerabilidades Globais dos Municípios

Os questionários aplicados (anexo 1) aos produtores rurais dos municípios de Picuí, Sumé e Sousa permitiram encontrar os índices de vulnerabilidade destes municípios.

A partir dos dados processados e tabulados (Tabela 4) foram realizados os cálculos para determinação das vulnerabilidades globais: social, econômica, tecnológica e à seca para os três municípios. A tabela 5 mostra os valores de vulnerabilidades globais encontrados.

Tabela 5. Vulnerabilidades globais para os Municípios de Picuí, Sumé e Sousa.

	Picuí	Sumé	Sousa
Vul. Global social	47,77	44,28	53,83
Vul. Global econ.	89,58	86,66	86,65
Vul. Global tecn.	75,75	77,78	77,78
Vul. Global seca	82,24	86,87	75,39
Vul. Global total	62,11	60,05	64,38

Considerando a divisão das classes de vulnerabilidade da Tabela 3 (pg 62) adotada na metodologia, pode-se avaliar que todos os municípios se encontram com

índices de vulnerabilidade bastante elevados e enquadrados na classe de vulnerabilidade muito alta (>45). Esta classe caracteriza estados de vulnerabilidade muito indesejáveis, com as famílias em situações deploráveis e sem capacidade de suportar e/ou superar as adversidades decorrentes da ocorrência dos desastres, constituindo um estado permanente de debilidade socioeconômica.

Os altos valores de **vulnerabilidade social** (média de 48,6) para os três municípios retratam bem a situação de fragilidade em que vivem estas populações rurais, com índices de analfabetismo alarmantes (em torno de 20%), e grande parte da população com grau de instrução inferior ao primário. Quanto à moradia, são péssimas as condições habitacionais, geralmente sem esgotos nem fossas sépticas e muitas das vezes utilizam fontes de águas não tratadas, com problemas de salinidade ou mesmo contaminadas pelos esgotos que correm a céu aberto.

Desmentindo as propagandas governistas veiculadas pela imprensa foi possível também observar que boa parte dos moradores não possui energia elétrica em suas residências, apesar de que, às vezes, esta energia passa em sua porta, mas por não terem condições nem apoio para trazerem essa energia até suas residências continuam às escuras. Outro fator preocupante e que demonstra esta fragilidade é a eliminação do lixo que é feita livremente, sem coleta e sem que haja sequer a preocupação e/ou orientação para que este lixo seja queimado.

A **vulnerabilidade econômica** intrinsecamente ligada aos fatores sociais assume patamares preocupantes, algo em torno de 87,63, demonstrando assim a falta de sustentabilidade em que vivem essas pessoas. Não fossem as pensões, aposentadorias e os poucos programas de apoio, as atividades agropecuárias certamente seriam insuficientes para garantir o mínimo necessário para sobrevivência destas comunidades.

A falta de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável têm sido sem dúvida o catalisador destas vulnerabilidades, visto que, estando o homem do campo a mercê da própria sorte e vivendo em um ambiente permanentemente sujeito a riscos que invariavelmente são traduzidos em desastres, terminam por agredir cada vez mais o meio ambiente através de ações antrópicas como única forma possível de sustentabilidade, favorecendo assim, com o passar do tempo, o aumento destas vulnerabilidades.

Esta falta de políticas públicas está bem evidenciada no fator **vulnerabilidade tecnológica** que em uma escala de 1 a 100 em valores absolutos atinge uma média de 77,1 para os municípios estudados. É absolutamente inaceitável que

unidades ambientais tão vulneráveis a degradação não recebam assistência técnica adequada por parte dos órgãos do governo impossibilitando assim práticas conservacionistas que sejam capazes de aumentar a produtividade sem aumento da degradação ambiental.

É imperiosamente necessário que a mentalidade dos responsáveis pelos programas governamentais de sustentabilidade do semi-árido deixem de lado os interesses político-partidários e se voltem exclusivamente para soluções técnicas possíveis e cabíveis à solução das necessidades desta gente sofrida. Não bastasse a vulnerabilidade tecnológica reinante, o próprio governo através de seus órgãos apresenta à comunidade soluções puramente eleitoreiras como o projeto piloto das várzeas de Sousa onde instalou uma área modelo de 10ha irrigados e automatizado sem que tenha sido feito o sistema de drenagem. É sem dúvida tecnologia de ponta a serviço da degradação ambiental, visto que segundo recomendações do próprio Ministério do Meio Ambiente não se deve irrigar no semi-árido sem um bom sistema de drenagem como forma de impossibilitar a salinização dessas áreas.

A **vulnerabilidade à seca** em todas as três regiões se enquadram no nível de vulnerabilidade muito alta refletindo-se evidentemente nas questões socioeconômicas. A escassez de água tem tornado a vida destas comunidades um verdadeiro calvário, inviabilizando as criações e até mesmo a agricultura de subsistência. Em muitas localidades a água só chega em carros pipa e as vezes a um custo bem alto. A captação de água da chuva em cisternas é uma das alternativas encontrada pelas comunidades, mas insuficiente para períodos mais severos de estiagem. Os agricultores geralmente prestam serviços nas frentes de emergência quando estas são instaladas, porém, estas frentes não são capazes de satisfazer a necessidades nem de todos nem em tempo.

Ações ou programas de combate à miséria como as frentes de emergência para regiões tão sofridas deveriam ser transformadas em ações permanentes, possibilitando assim uma forma mais concreta de subsistência destas pessoas, já que fica difícil tratar como existência situações tão calamitosas como as encontradas nas regiões estudadas.

É impossível aceitar situações como vista em Pio X, município de Sumé, com uma população de aproximadamente 1.200 hab. sendo agraciada com a construção de um ginásio de esportes (Foto 1.1) com capacidade para 6.000 pessoas, quando a população carece de necessidades básicas para sua sobrevivência. Estes tipos de exemplo que não são raros no semi-árido são provas concretas de que o grande gargalo de sustentabilidade do

semi-árido reside realmente na falta de políticas públicas adequadas, capazes de melhor aproveitar as potencialidades de cada região.



Foto 1.1-Vista parcial do ginásio de esportes de Pio X.

Na análise das vulnerabilidades, os municípios foram divididos por áreas, segundo o Plano das Secretarias Municipais de Saúde, para o trabalho dos Agentes Comunitários de Saúde. No geral estas áreas se caracterizam por uma certa homogeneidade das propriedades rurais e número de famílias. O Quadro 5 mostra como exemplo os valores de x encontrados na Área I do município de Sousa, para os fatores de vulnerabilidade social e econômica. O mesmo foi feito para as demais áreas e demais municípios.

Quadro 5. Exemplo da apresentação dos valores de “ x ”.

Tabulação dos Resultados			
Fator Vulnerabilidade Social			
Item	Valores significativos “ x ”		
	Encontrado	mínimo	máximo
1.1	4	1	7
1.2	3	1	3
1.3	1	1	6
1.4	7	1	8
1.4pr	7	1	8
1.5	1	1	4
1.6	6	1	6
2.1	1	1	4
2.2	2	1	3
2.3	1	1	2
2.4	3	1	3

2.5	1	1	3
2.6	5	1	6
2.7	2	1	3
2.8	1	1	2
2.9	3	1	4
2.10	1	1	2
2.11	1	1	2
2.12	2	1	2
2.13	1	1	2
2.14	2	1	2
3.1	1	1	8
3.2	5	1	8
3.3	8	1	8
3.4	8	1	8
3.5	1	1	8
3.6	1	1	8
3.7	1	1	8
3.8	7	1	8
3.9	3	1	8
3.10	1	1	8
3.11	1	1	8
3.12	1	1	8
3.13	7	1	8
3.14	8	1	8
3.15	8	1	8
3.16	3	1	8
3.17	5	1	8
4.1	1	1	2
5.1	1	1	4
5.2	1	1	4
5.3	4	1	4
5.4	1	1	4
5.5	1	1	4
5.6	1	1	4
5.7	1	1	4
5.8	1	1	2
5.9	1	1	4
5.10	1	1	4
5.11	1	1	2
Total encontrado	139	50	260
Fator Vulnerabilidade Econômica			
Item	Valores significativos "x"		
	Encontrado	mínimo	Máximo
6.1	2	1	3
6.7	2	1	3
6.8	3	1	3
7.1	2	1	2

7.2	2	1	2
7.3	2	1	2
7.4	2	1	2
8.1	2	1	2
8.2	2	1	2
8.3	2	1	2
8.4	2	1	2
8.5	2	1	2
8.6	2	1	2
8.7	2	1	2
8.8	2	1	2
9.1	2	1	2
10.1	5	1	6
10.2	6	1	6
10.3	6	1	6
10.4	5	1	5
10.5	4	1	4
10.6	1	1	2
10.7	4	1	4
Total Encontrado	64	23	68

8.4. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM

O processamento digital das imagens Landsat teve como objetivo fazer uma análise comparativa das condições ambientais dos municípios de Picuí, Sousa e Sumé para o período pós- Mega Eventos El Nino de 1982/1983 e 1997/998. Além disso, com base na análise visual, e utilizando imagens mais recentes dos anos de 1999, e de 2001, disponíveis no acervo da Área de Sensoriamento Remoto do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG e com uma cobertura de nuvem abaixo dos 10% , processadas no SPRING, foi feita a atualização dos dados cartográficos da degradação ambiental dos três municípios, utilizando-se uma Tablet Wacom para a digitalização na tela.

8.4.1 – MUNICÍPIO DE PICUÍ

A figura 13 mostra uma composição RGB das bandas 5, 4 e 3 das imagens Landsat dos anos de 1994 (a) e 1999 (b), submetidas a manipulação de contraste.

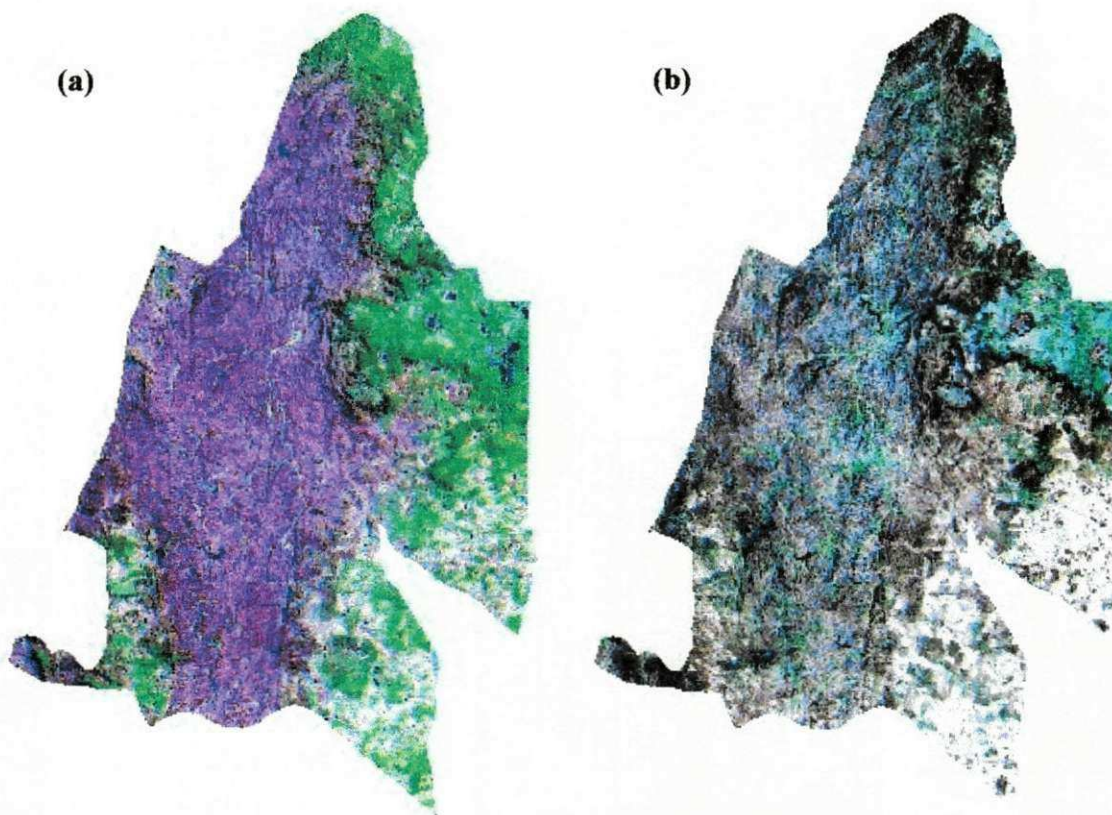
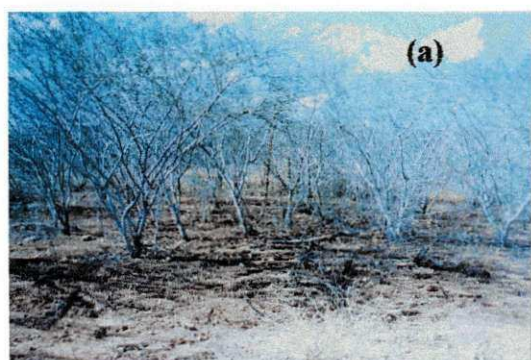


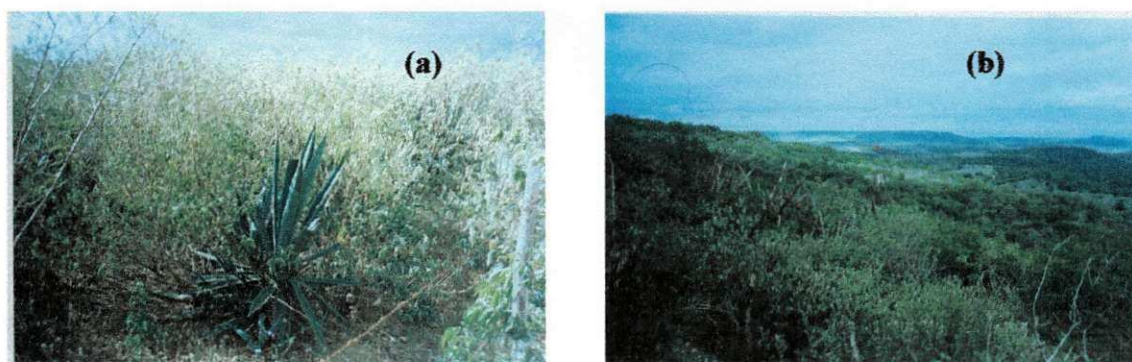
Figura 13 - Composições RGB das bandas 5, 4 e 3 , com contraste. Imagens de 17 de junho de 1984 (a) e 17 de outubro de 1999 (b).

O ano de 1984, após o Mega El Niño 82/83 foi considerado um ano normal sem seca, cuja precipitação média anual foi de 328,6 mm. No entanto, as chuvas não tiveram uma distribuição temporal e espacial igualitária no território do município. No mês de junho foi observada uma precipitação de somente 0,8 mm. O relevo do município tem grande influência nesta precipitação, e a maior parte dela se restringe às áreas elevadas do leste e do sudoeste onde predomina a agropecuária. A faixa central do município é a mais vulnerável, a mais carente em termos de chuvas, e que possui os mais graves índices de degradação. Na imagem RGB (A) observa-se este fato. O tom ciano acusa a grande faixa de solos expostos, com a vegetação natural seca, pois as chuvas não foram suficientes para que, mesmo as juremas, as catingueiras e os marmeleiros, que predominam na região, pudessem botar uma folhagem (Foto 2(a)). Porém, o que se constatou nos recentes trabalhos de campo, foi que mesmo na época das chuvas, a cobertura vegetal nem sempre é suficiente para cobrir e proteger os solos da erosão (Foto 2(b)). A principal característica dessa região é a intercalação de áreas de vegetação semi-densa a rala/muito rala com áreas de solos expostos. Já nas áreas elevadas, observa-se em verde as áreas de cultivo agrícola, principalmente de caju, os espaços ocupados pela vegetação natural secundária, em rebrota em áreas agrícolas abandonadas (Foto 3(a)) e nas parte mais declivosas (Foto 3(b)). As áreas em branco são solos agrícolas expostos, que na maioria das vezes são ocupados por pastos ou pelo plantio da mandioca. Esta paisagem pode ser observada durante os trabalhos de campo de 2001, durante o período chuvoso.



Fotos 2(a) e 2(b) Em (a) aspecto da caatinga durante a estação seca de 2001 e em (b) durante o período chuvoso de 2002.

O ano de 1999, ano de um La Niña Moderado, teve uma precipitação média próxima ao do ano de 1984 igual a 334,0 mm. A imagem, única disponível, sem cobertura de nuvem, é datada de 17 de outubro de 1999, nela pode-se observar que praticamente toda a área do município está sofrendo os efeitos de uma seca muito forte. Diferentemente do ano de 1984, que embora tenha apresentado uma precipitação também baixa, mas que ocorreu praticamente durante todo o ano, no ano de 1999 as últimas chuvas caíram no mês



Fotos 3 - Em (a) área de sisal abandonada, com rebrota da vegetação secundária e em (b) a vegetação natural em áreas de declive mais acentuado.

de julho. As precipitações em 1998 somaram 63,8 mm, ou seja, praticamente não causaram efeitos que permitissem o desenvolvimento satisfatório da vegetação. Em 1999 observou-se dois picos de precipitação máxima: um no mês de março, com 69,3 mm e outro em maio com 151,3 mm. A não distribuição temporal das chuvas teve um efeito negativo na economia do Município, com grandes perdas agrícolas e na pecuária. Somente na porção leste do município se observa a manutenção de algumas áreas verdes. Por outro lado, as áreas de aluvião, tiveram uma maior captação de água, principalmente por causa de algumas chuvas torrenciais ocorridas no mês de maio, o que possibilitou o escoamento das águas para os rios. Este fato pode ser constatado na imagem de 1999, que mostra que ao longo da drenagem, principalmente dos rios mais potentes, se desenvolve uma vegetação, indicada pela cor verde. Na análise comparativa entre as duas imagens, verifica-se que nas áreas onde tradicionalmente se desenvolve a cultura de sequeiro, nas zonas agrícolas, a quantidade de solo exposto é bem maior, o que deixa estes solos altamente vulneráveis a degradação laminar e por sulcos. Dessa maneira, pelo que as imagens mostram, o efeito El

Niño 97/98, seguido de um evento La Niña moderado em 1999, foi mais catastrófico do que o ocorrido em 1984.

A figura 14 apresenta as PC1 obtidas a partir das bandas 5, 4 e 3 das imagens dos anos de 1984 **(a)** e 1999 **(b)**. As principais componentes para as duas datas estudadas vieram a confirmar a análise das imagens contrastadas, e a imagem de 1999 realçou bem as áreas de solos agrícolas expostos, dando uma idéia mais confiável de sua extensão. Um fato que chama a atenção quando as imagens são comparadas, é que de um modo geral, a imagem de 1984 apresenta um maior número de açudes de tamanhos variados com água, indicativo de que, em 1984, as chuvas foram espacialmente melhor distribuídas, embora as médias mensais tenham sido baixas. Já na imagem de 1999, aparentemente os açudes que receberam mais água estão relacionados com as áreas de desenvolvimento de uma vegetação de “várzea”, ao longo da drenagem, que estão bem realçadas na imagem **(b)**.

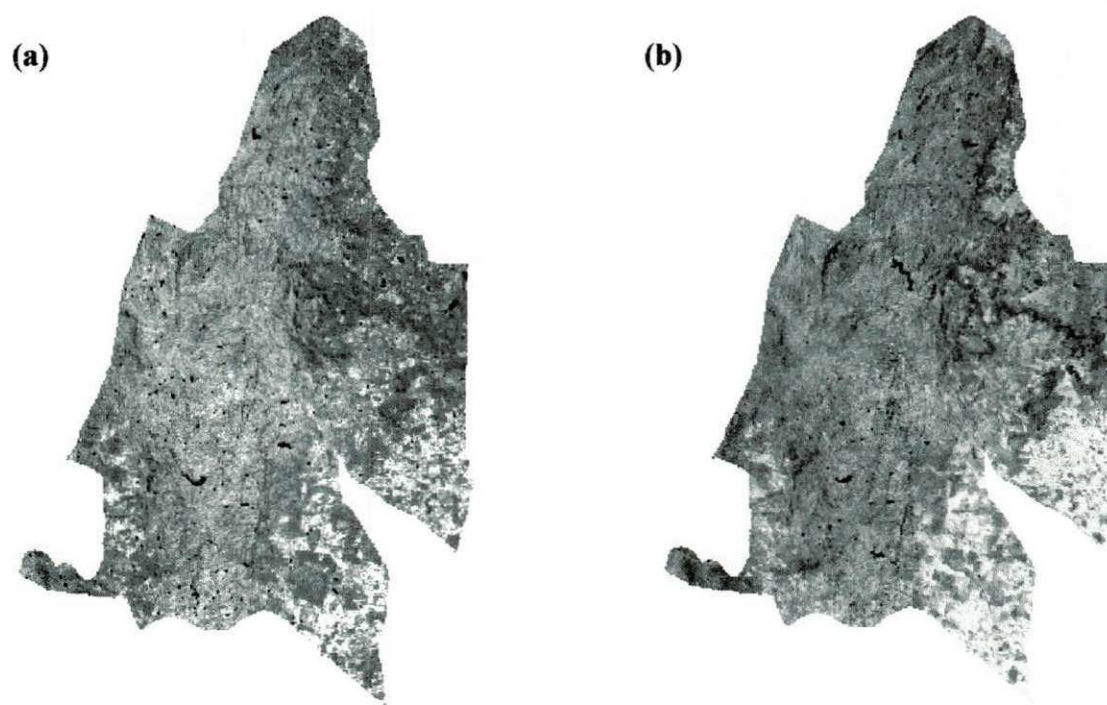


Figura 14 - **(a)** PC1 das bandas 5, 4 e 3 da imagem de 17/06/1984. **(b)** PC1 das bandas 5, 4 e 3 da imagem de 17/10/1999.

A figura 15 mostra o resultado da razão entre canais das imagens de 1984 **(a)** e de 1999 **(b)**. Nas imagens IVDN as tonalidades de cinza claro correspondem às áreas de desenvolvimento de uma vegetação mais “sadia”, verde, com pouco ou sem nenhum

estresse hídrico. As tonalidades de cinza mais escuro representam áreas onde predominam o solo exposto ou áreas onde a vegetação, embora tenha uma densidade de média a alta, mas está sofrendo algum tipo de estresse, que neste caso estaria mais relacionado ao estresse hídrico. Comparando-se as duas imagens IVDN pode-se afirmar, em termos de calamidade, que a imagem IVDN para o dia 17 de outubro de 1999 mostra um quadro bem mais desastroso que a imagem IVDN para o dia 17 de junho de 1984. Praticamente toda a imagem **(a)** apresenta homogeneidade das tonalidades de cinza, poucas variações são observadas. Na imagem IVDN de 1999 somente a vegetação que está se desenvolvendo ao longo da drenagem é que mostra um quadro menos grave, ao se apresentar em uma tonalidade de cinza médio a claro. Este fato indica claramente a gravidade e as conseqüências calamitosas da seca de 1997 a 1999, pois ela se prolongou na região além do período em que o Mega El Niño 97/98, trouxe ao município.

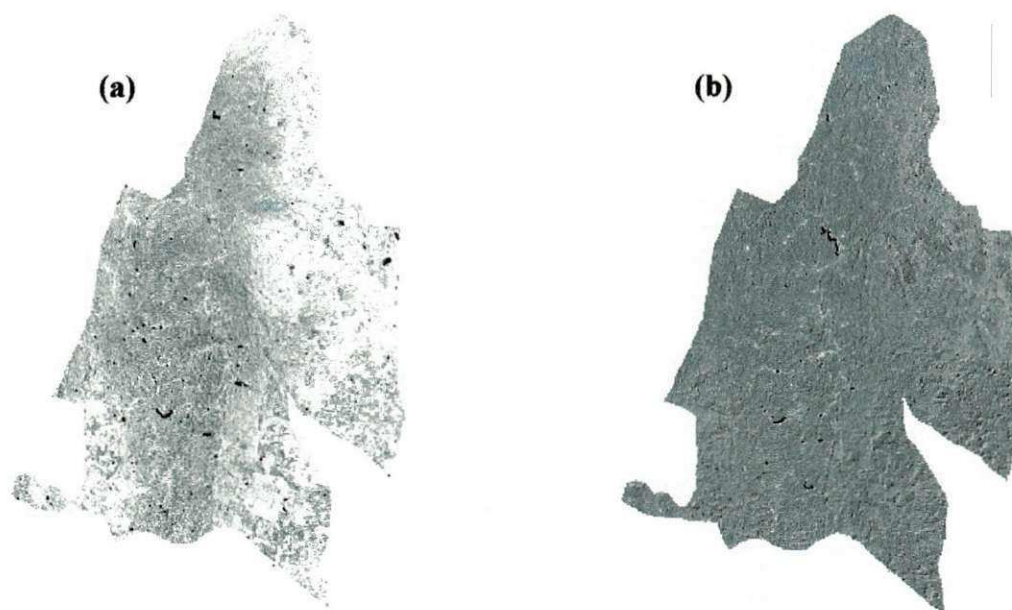


Figura 15 **(a)** imagem IVDN para o ano de 1984 e em **(b)** a imagem IVDN para o ano de 1999.

A figura 16 mostra a composição multiespectral ajustada RGB, utilizando-se a banda 3 no vermelho, o IVDN no verde e a banda 1 no azul, retratando a distribuição de vegetação e solos expostos pós mega El Niño 82/83 em **(a)** e 97/98 em **(b)**.

Segundo Ippoliti-Ramilo(1999), os índices de vegetação foram concebidos para ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação aos solos.

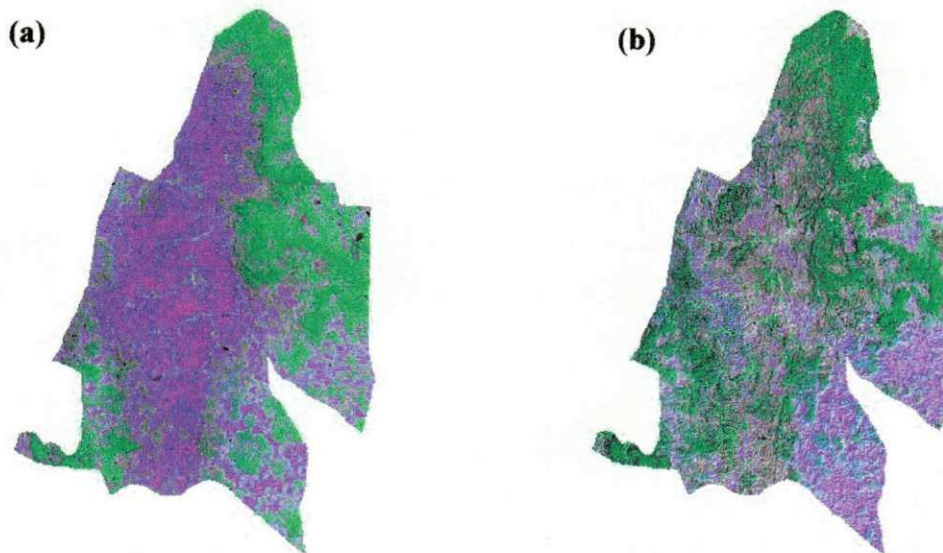


Figura 16 - Composição multiespectral ajustada: em (a) para o ano de 1984 e em (b) para o ano de 1999. (banda 3 no vermelho, a imagem IVDN no verde e a banda 1 no azul)

Ao analisar estas imagens, verifica-se que as informações da composição para o ano de 1984, é praticamente redundante com as informações da composição RGB 5,4 e 3, com contraste. As áreas em verde claro representam a vegetação mais exuberante, menos estressada em termos hídricos, e os tons de um verde mais escuro já apontam para o estresse da vegetação nestas porções da imagem. As áreas em magenta mostram onde predominam os solos expostos, ou uma vegetação seca e estressada do ponto de vista hídrico. A combinação multiespectral ajustada (CMA) para o ano de 1999, mostra um resultado interessante, aparentemente contraditório a tudo que já foi discutido acima, pois o tom de verde escuro aponta para a presença de uma vegetação ainda verde, mas sofrendo um certo estresse hídrico. No entanto se comparando esta combinação com a RGB da Figura 14 imagem (b) de 1999, verifica-se que aquela imagem dá um indicativo de haver alguma vegetação, não completamente desfolhada, ao apresentar ao longo da faixa central do Município, na direção norte/sul, tons de ciano, um pouco esverdeados, misturados com tonalidades claras. Esta mesma faixa na imagem de 1984 apresenta-se em um tom de magenta, praticamente homogêneo, definindo de fato uma grande área de solo exposto. Assim, o que mostra a CMA para 1999, é que apesar da vegetação aparentemente se

apresentar seca, e não terem ocorrido precipitações após o mês de julho, esta ainda apresenta um certo índice foliar, mesmo que muito baixo, mas susceptível a interação com a energia eletromagnética. Este fato é de suma importância para o município, pois mostra que em determinados lugares do território, a vegetação secundária está ocupando seus espaços, que foram degradados pelo desmatamento e por uma agropecuária não planejada. Esta faixa central do município hoje se caracteriza por uma densidade populacional muito baixa, quase nula, praticamente abandonada e por um solo, muito pouco espesso, com muitos afloramentos de rochas, fortemente erodidos. Esta situação foi encontrada nos trabalhos de campo como mostra a Foto 4, mesmo nas áreas de desenvolvimento dos chamados núcleos de desertificação.



Foto 4 - Aspecto da paisagem da região em apreço. É interessante notar que apesar da foto ter sido tomada na estação seca de 2001, quando a maior parte da vegetação já tinha perdido as folhas, mesmo assim, algumas espécies ainda se apresentam verdes.

A Figura 17 mostra as imagens IVDN classificadas e mapeadas no SPRING para os anos de 1984 em (a) e 1999 em (b). A quantificação das áreas em km² no SPRING é relativa, embora a soma de seus valores corresponda ao total da área territorial do município. Como não é objetivo do presente trabalho fazer uma quantificação mais acurada das classes, não foi feito um refinamento das mesmas, para eliminar possíveis erros de comissão ou/de omissão, podendo assim, haver uma certa diferença entre as imagens classificadas e as composições multiespectrais ajustadas.

Verifica-se nesta figura para o mês de junho de 1984 que a cobertura vegetal do município nas áreas mais elevadas, onde normalmente ela melhor ocorre, estava tendo um desenvolvimento normal e no total representando 56%, de ocupação. Mesmo na faixa central do município, verificou-se uma certa recuperação da vegetação. Os solos expostos, ou com uma cobertura vegetal muito rala, somados às áreas de solo agrícola exposto

representa para aquela data 43,8% de ocupação e a água somente 0,2% de ocupação. Para a data de 19 de outubro de 1999 observa-se que houve uma inversão nos dados. A área de ocupação da vegetação diminuiu bastante, representando 35,5%. Porém existe um fato positivo a ser observado, que é o aumento das áreas de vegetação ao longo da faixa central do município, indicativo da recuperação ambiental natural dessa faixa. Possivelmente este fato esteja relacionado com o êxodo rural. A população rural em 1980 pelos dados da FIBGE (2001) totalizava 11.985 habitantes e em 1996 o seu total era de 8.247 habitantes. Nos trabalhos de campo de 2001 e 2002 verificou-se que o maior êxodo da população ocorreu nesta faixa, pois foi nela que foram encontrados o maior número de casas e propriedades abandonadas. Também sobre este fato obteve-se informações verbais na Prefeitura de Picuí. A área dos solos expostos aumentou para 62,7%, e a área dos corpos d'água teve um bom incremento, para 1,8%, devido a construção do açude Várzea Grande.

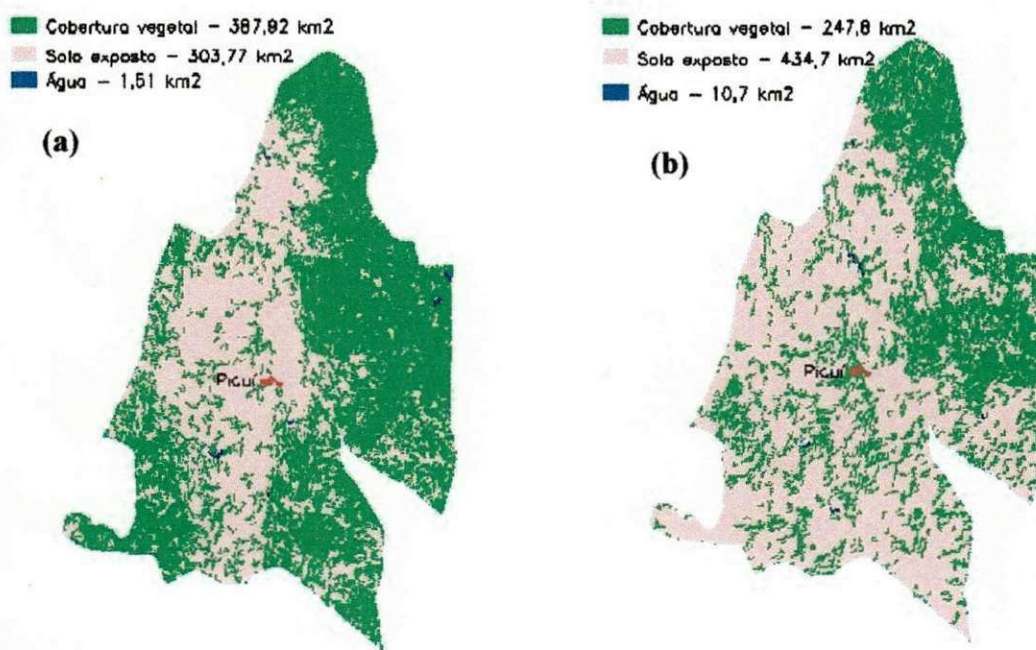


Figura 17 - Imagens IVDN classificadas e vetorizadas em (a) para a data de 17 de junho de 1984 e em (b) para a data de 17 de outubro de 1999.

Em termos comparativos entre os anos de 1984 e 1999, ambos pós Megas Eventos El Niño, a análise das imagens Landsat, processadas digitalmente, e com apoio de dados

mais recentes de campo, mostraram que de fato houve uma certa influência dos efeitos dos Mega Eventos El Niño de 82/83 e 97/98, associados às anomalias da TSM do Oceano Atlântico, que para a época dos eventos apresentou anomalias nos Atlânticos Norte e Tropical positivas e no Atlântico Sul – predominantemente negativas. No ano de 1984 houve uma inversão: anomalias negativas nos Atlânticos Norte e Tropical e positivas no Atlântico Sul. Já para o ano de 1999 considerado ano de La Niña, o Oceano Atlântico apresentou anomalias positivas nos Atlânticos Norte e Sul e positiva no Atlântico Tropical, o que deve ter influenciado nas precipitações. Pela proximidade com o Oceano Atlântico, o Nordeste possivelmente, além do El Niño, sofre efeitos diretos nas mudanças das anomalias da TSM, caracterizando-se assim como uma região sob forte efeitos da Mudança Climática Global, que para região parece ser mais complexa do que para outras partes do mundo, como por exemplo a costa peruana.

8.4.2 – Município de Sousa

A figura 18 mostra uma composição RGB das bandas 5, 4 e 3 das imagens Landsat dos anos de 1984 (a) e 1999 (b), submetidas a manipulação de contraste.

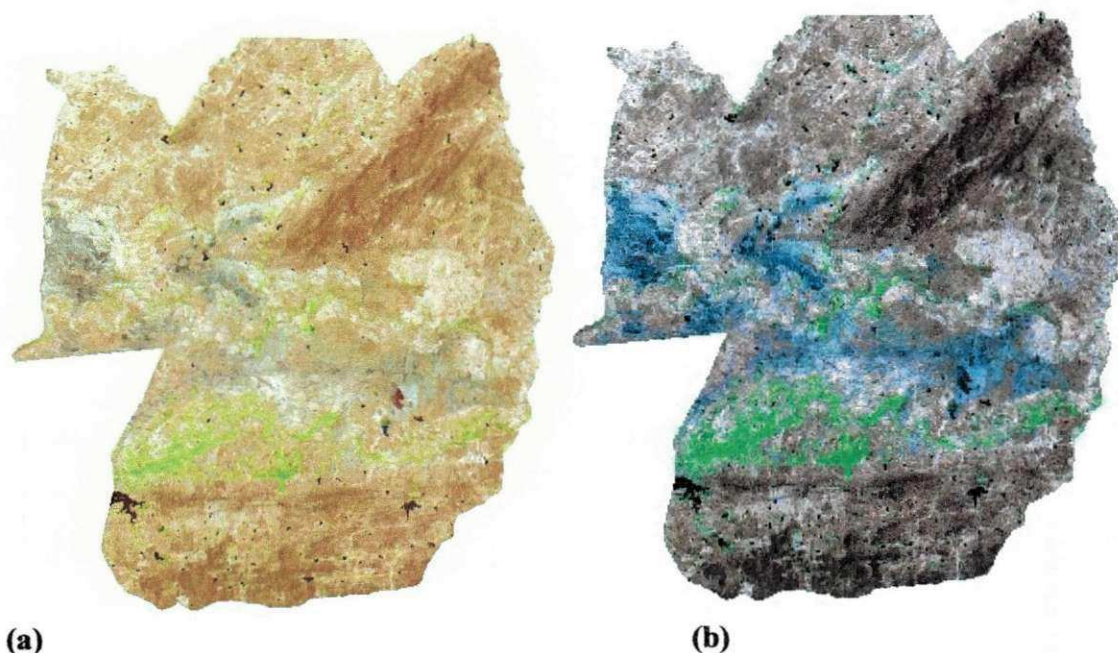


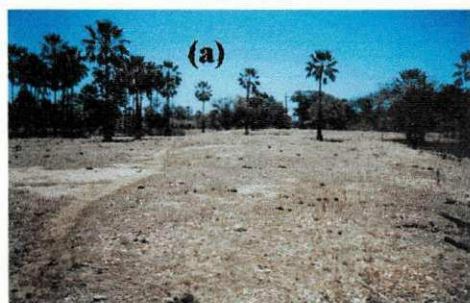
Figura 18 – Composição RGB das bandas 5, 4 e 3, com contraste. Imagens de 26 de julho de 1984 (a) e 30 de setembro de 1999 (b).

Para o município de Sousa, o ano de 1984, pós Mega El Niño 82/83 foi um ano de precipitação média anual de 940,5 mm, acima da média histórica do município que é de 780mm, tendo sido um ano em que todos os mananciais estiveram cheios, possibilitando o início da recuperação da pecuária que havia sido afetada consideravelmente devido ao mega evento 82/83. Pode-se observar na imagem RGB (a) que o perímetro irrigado de São Gonçalo (tom verde claro) apresenta manchas de solo exposto indicando já naquela época áreas com indícios de salinização (Foto 5) que mesmo estando dentro de um perímetro irrigado e em um ano de pluviometria acima da média não são capazes de se recuperarem .



Foto 5 - Manchas de salinização dentro do perímetro irrigado de São Gonçalo.

Estas manchas de solos expostos também são observadas em várias áreas da baixada e caracterizadas pela tonalidade laranja bem claro. Estas regiões são bastante aproveitadas como pastagens para pecuária extensiva, que secam durante os períodos de estiagens, deixando assim o solo desprotegido (Foto 6 (a)) e sujeito tanto à degradação por erosão laminar e por sulco como também à salinização devido às altíssimas taxas de evaporação da região, que começa a apresentar um aumento acentuado no mês de julho alcançando os maiores valores de outubro a dezembro. Para piorar ainda mais a situação, constatou-se nos recentes trabalhos de campo que por falta de orientação das empresas técnicas do governo, os colonos queimam as carnaúbas no período seco para facilitar assim a colheita da palha para confecção de vassouras, tornando mais crítica a degradação dessas áreas (Foto 6 (b)).



Fotos 6 - (a) Área de solo exposto com presença de carnaúbas (b) carnaúbas queimadas

O ano de 1999 para o município também foi de precipitações acima da média histórica (898,0 mm), porém um pouco abaixo da precipitação média de 1984 que foi de 940,5 mm. É importante observar que no período de obtenção da imagem, 30 de setembro de 1999 a paisagem já se encontrava mais sofrida pela estiagem e pelo fato de ser a época em que ocorrem altas taxas de evaporação para o município, valores médios de 294-317mm (set-out), deixando assim a vegetação submetida a um forte estresse hídrico, visto que no período a média pluviométrica para julho/ago/set foi nula. Este é sem dúvida um dos grandes problemas do semi-árido, a distribuição temporal irregular das chuvas, causando prejuízo e perda de plantações (Foto 7).



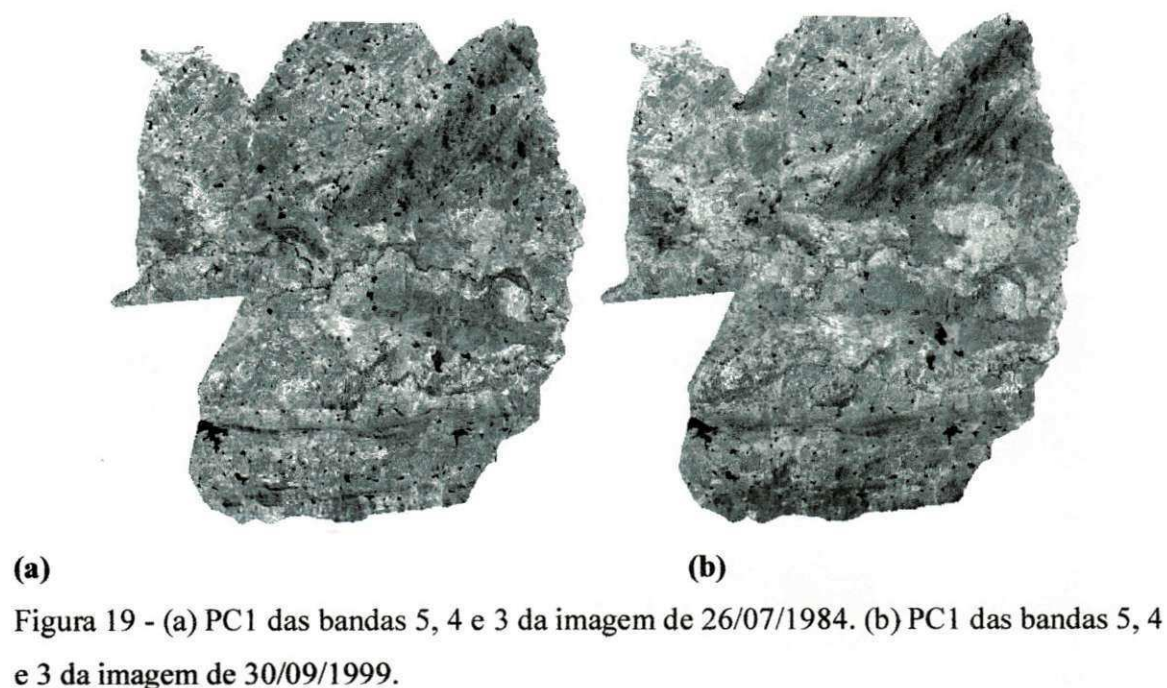
Foto 7 - Coqueiros mortos em Sousa devido ao estresse hídrico.

Apesar das pluviometrias médias para 1999 e 1984 terem sido bem próximas, enquanto de janeiro a maio de 1984 choveu 703,0 mm neste mesmo período em 1999

choveu apenas 524,0 mm, voltando a chover apenas em outubro, deixando o nível de água no solo bem baixo. As precipitações em 1998 também foram bem abaixo da média histórica (457,8,0 mm), não permitindo a recuperação e o desenvolvimento ideal da vegetação.

A distribuição irregular das chuvas, tanto temporal como espacial sacrifica a economia da região, principalmente na agropecuária, onde pode-se citar para corroborar com o raciocínio o efetivo bovino que em 1996 era de 35.957 cabeças, passando para 28.157 em 1997, ano de instalação do mega evento 97/98 e que em 1999 era de apenas 27.553, demonstrando assim que a vegetação não foi capaz de se recuperar. Na análise comparativa entre as duas imagens, observa-se que a vegetação do perímetro apresenta-se bem espaçada, com muitas áreas sem vegetação, apesar dos mananciais estarem cheios, possibilitando assim a irrigação. Na região central e ao norte verifica-se também áreas com mais solos expostos (tonalidades bem claras) na imagem de 1999, deixando estes solos mais sujeitos a degradação laminar, por sulcos e susceptíveis a salinização. Portanto, podemos afirmar que o efeito do mega El Niño 97/98 em 1999 foi mais severo para o município que o de 82/83 em 1984.

A figura 19 apresenta as PC1 obtidas a partir das bandas 5, 4 e 3 das imagens dos anos de 1984 (a) e 1999 (b). Assim como aconteceu para Picuí as principais componentes para as duas datas estudadas vieram confirmar a análise das imagens contrastadas, pode-se observar que a imagem de 1999 realçou bem as áreas de solos expostos, possibilitando uma análise mais detalhada de sua extensão. Observando com atenção a imagem (a) na porção norte verifica-se uma tonalidade mais escura, com menos clarões que na imagem (b), isso também pode ser observado a nordeste, onde existe um clarão de solo exposto em (b), mas de menor proporção em (a).



Na imagem **(a)** também observa-se que de um modo geral os corpos d'água aparecem em maior número e alguns comuns as duas imagens apresentando maior espelho, indicando maiores volumes em 1984 e justificado pelas maiores precipitações ocorridas no período chuvoso deste ano. Apesar da imagem **(b)** apresentar uma realidade mais inóspita é interessante observa-se que na região sul aparece uma tonalidade mais escura apontando para presença de uma vegetação mais exuberante que na imagem **(a)**, tal fato é justificado pela distribuição espacial irregular das chuvas no semi-árido. Realmente no período que vai de maio a setembro, enquanto choveu 155,7 mm em Sousa com este volume concentrado apenas em maio, em São Gonçalo choveu 226,8 mm com este volume distribuído de maio a setembro.

A figura 20 mostra o resultado da razão entre canais das imagens de 1984 (a) e de 1999 (b).

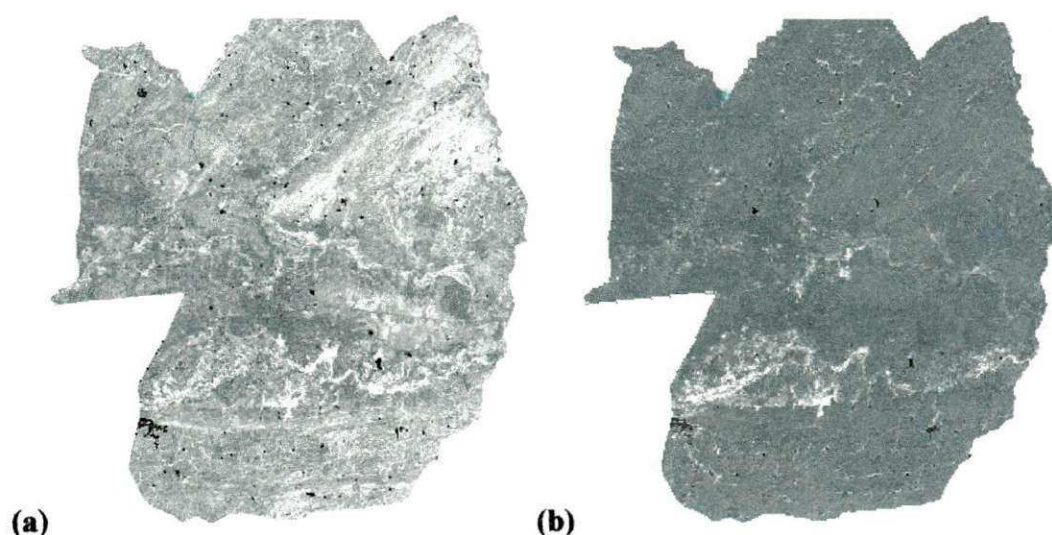


Figura 20 - (a) imagem IVDN p/ano de 1984 e (b) Imagem IVDN p/ano de 1999.

Comparando-se as duas imagens IVDN pode-se reafirmar as observações de que a imagem de 1999 apresenta um quadro bem mais desalentador, onde mesmo aquelas regiões mais preservadas encontravam-se passando por estresse hídrico. Apenas no perímetro irrigado e aquela vegetação que se desenvolve ao longo da drenagem indica uma situação mais amena. Esta observação confirma que as conseqüências do mega evento 97/98 foi efetivamente mais severo que o 83/84.

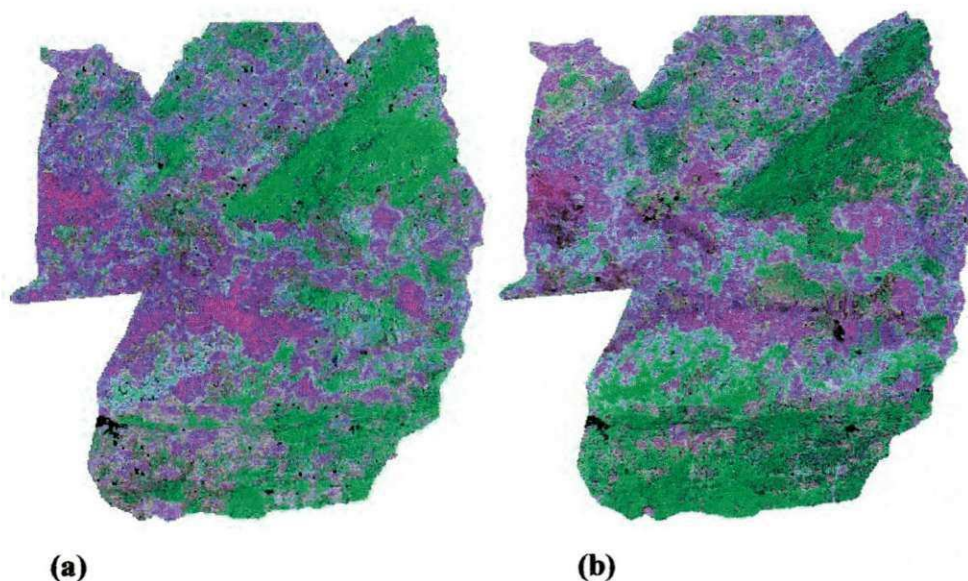


Figura 21 - Composição multiespectral ajustada: em (a) para o ano de 1984 e em (b) para o ano de 1999. (banda 3 no vermelho, a imagem IVDN no verde e a banda 1 no azul).

Ao analisar estas imagens da figura 21, observa-se que as áreas da imagem para o ano de 1984 que aparecem em verde claro representam a vegetação exuberante e sem estresse hídrico, o que, aliás, parece ser a tônica de boa parte da vegetação que aparece nesta imagem. As áreas em tons magenta indicam a predominância de solos expostos. Já para a composição multiespectral ajustada (CMA) para o ano de 1999 pode-se observar que apenas a vegetação do perímetro irrigado de São Gonçalo e aquelas desenvolvidas ao longo das drenagens apresentam tons verde claro, já o verde escuro, que denota uma vegetação mais estressada, está bem distribuída em todo município. Pode-se ainda observar que a porção sul abaixo do perímetro irrigado na imagem de 1999 apresenta uma área bem vegetada com tonalidade de verde claro, o que ratifica a observação anterior com relação a precipitações sazonais ocorridas próximas a esta época nesta região.

Estas imagens também dão um indicativo bem preciso de quanto houve desmatamento no município, desmatamento este que nos trabalhos de campo mais recentes pode-se constatar que continuam a acontecer, face à falta de políticas públicas capazes de orientar o homem do campo através de um acompanhamento técnico adequado, bem como de garantir sua sustentabilidade (Foto 8).

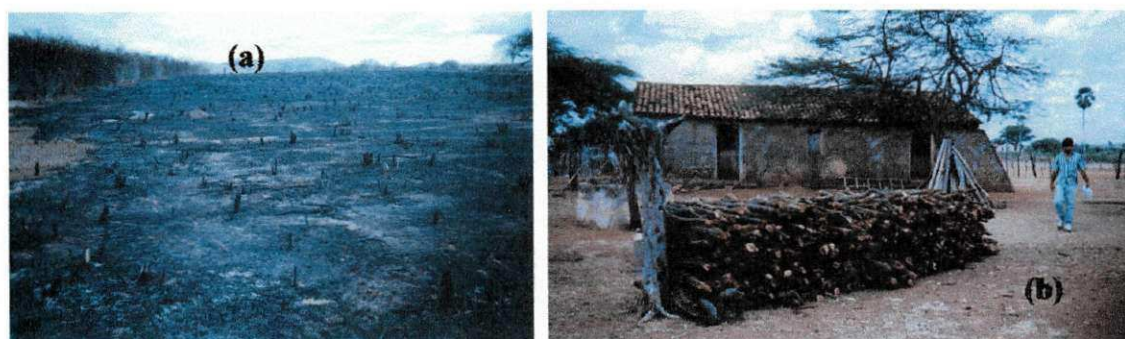


Foto 8 - (a) Desmatamento e (b) Lenha p/comercialização.

A Figura 22 mostra as imagens IVDN classificadas e mapeadas no SPRING para os anos de 1984 em (a) e 1999 em (b).

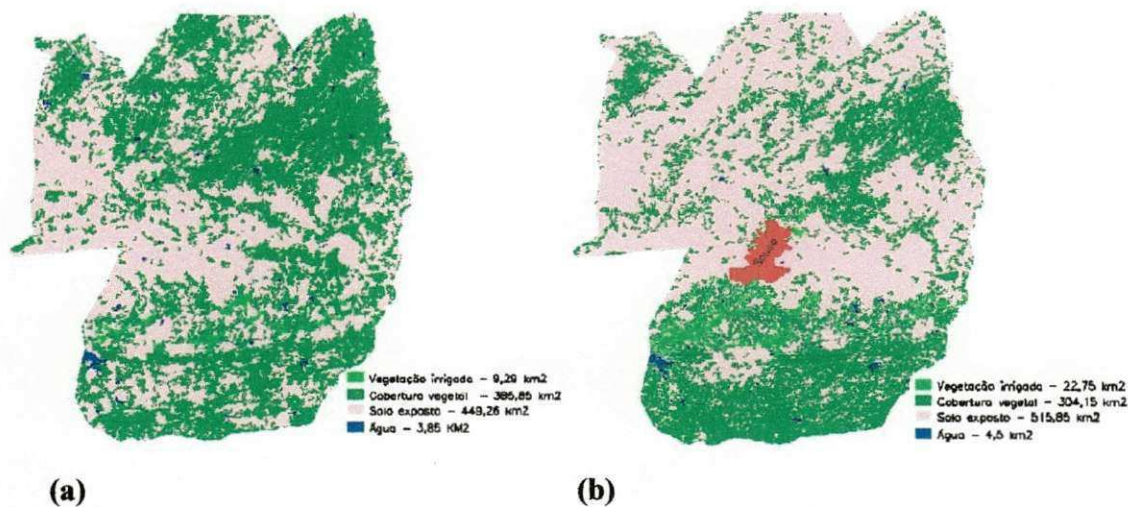


Figura 22- Imagens IVDN classificadas e vetorizadas em **(a)** para a data de 26/07/1984 e em **(b)** para a data de 30/09/1999.

Pode-se observar nesta figura que para julho de 1984 a cobertura vegetal do município apresentava-se de certa forma bem distribuída, estando melhor representada nas áreas mais elevadas onde ocorre maior preservação. Mesmo nas regiões de baixadas onde existe uma exploração mais acentuada da pecuária extensiva e agricultura de sequeiro, aparecem pontos de recuperação da vegetação. Nesta figura também se observa que a área do perímetro aparece com poucas regiões representativas de vegetação irrigada, resultante do declínio do perímetro irrigado face mais uma vez à falta de políticas públicas.

Para a data de setembro de 1999 verifica-se que a área vegetada diminuiu bastante, aproximadamente 21,25% em relação a 1984, entretanto com relação ao perímetro irrigado os dados se inverteram, com um aumento considerável de mais de 100% da área irrigada. Isto se deu pela introdução de culturas perenes em maiores escalas como o coco e a bananeira, além da tentativa de reestruturação do perímetro. Para a figura **(b)** também observa-se uma área de solos expostos bem abrangente e visivelmente superior a da figura **(a)**. Portanto pode-se afirmar que o mega evento El Niño 97/98 foi o mais desastroso para o município.

8.4.3 – MUNICÍPIO DE SUMÉ

A Figura 23 mostra uma composição RGB das bandas 5, 4 e 3 das imagens Landsat dos anos de 1994 **(a)** e 1999 **(b)**, submetidas à manipulação de contraste.

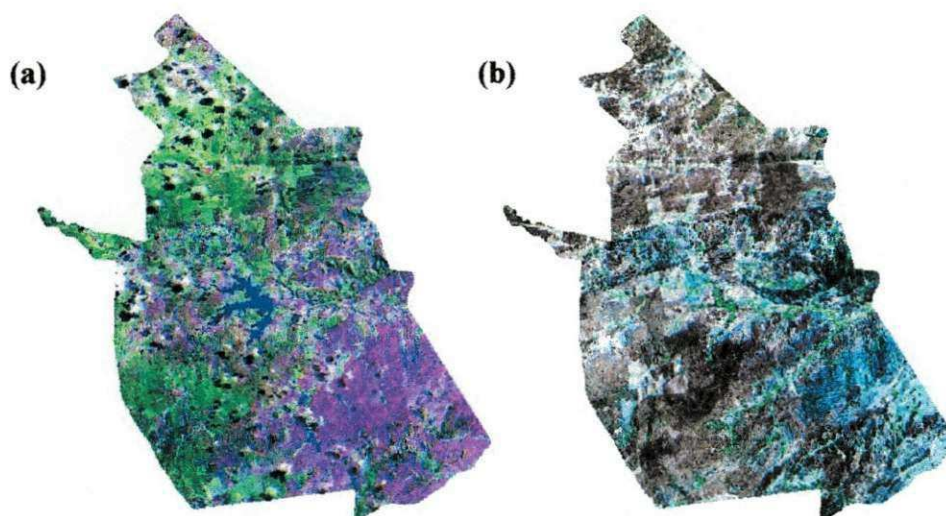


Figura 23 - Composição RGB das bandas 5, 4 e 3, com contraste. Imagens de 17 de junho de 1984 (a) e 17 de outubro de 1999 (a).

O ano de 1984 para o município de Sumé foi um ano com precipitação média anual de 667,7mm, bem acima da média histórica do município (359,6mm). Esta pluviometria foi para o ano de 1984 bem distribuída temporalmente, indo além do período chuvoso e se estendendo até setembro.

Na Figura (a), composição RGB de 1984 observamos cobertura de nuvens mais a norte e também um pouco distribuída no resto da imagem. Estas nuvens aparecem na tonalidade branca, mas representam bem menos de 10% do total da imagem.

Os reservatórios d'água que aparecem na tonalidade azul, podem ser vistos ao longo do município, com destaque para o açude de Sumé. Durante o mega evento El Niño 82/83 houve uma redução significativa do volume d'água do açude em relação ao ano de 1981 que era de 41,6 milhões de m³ e passou para apenas 10 milhões de m³ em dezembro de 1983. Em 1984, como consequência das precipitações o açude sangrou ainda no primeiro semestre do ano, possibilitando a expansão do perímetro irrigado.

Pode-se observar que a vegetação caracterizada pelas tonalidades verdes estão presentes e distribuídas na imagem, com exceção da região sudeste onde o tom ciano demonstra uma área desprovida de vegetação, com áreas de solo exposto, com a vegetação natural seca, que talvez pela irregularidade da distribuição das chuvas, mesmo as juremas,

catingueiras e marmeleiros, não brotaram. Estas áreas muitas vezes são desmatadas tornando o solo ainda mais vulnerável à degradação. (Foto 9)



Foto 9 - Caatinga desmatada

O ano de 1999 para o município foi em termos de precipitações muito crítico, com média pluviométrica anual de apenas 297,8mm. Esta baixa pluviometria interferiu na economia, especialmente nas atividades agropecuárias. Pode-se citar como exemplo a queda na produção de feijão que em 1996 era de 400T e que em 1999, pós mega evento El Niño 97/98 foi de apenas 6t segundo dados da FIBGE (2001).

A imagem **(b)** retrata bem esta realidade cruel, onde é possível observar que a vegetação só aparece acompanhando a drenagem e dentro do açude de Sumé que na época se encontrava praticamente seco e os colonos aproveitavam para plantar no leito do açude (Foto10).



Foto 10 - Aspecto atual do Açude de Sumé, vendo-se ao fundo a sua barragem e a torre de tomada d'água.

A imagem de 1999 mostra ainda áreas em tonalidade marrom bem claro dando mostra de solos expostos, verdadeiros clarões que na imagem de 1984 visivelmente eram áreas vegetadas. Muitas destas áreas foram desmatadas com o intuito de transforma-las em pastagens principalmente para pecuária extensiva bovina e caprina e dependendo do período em que são imageadas, muito das vezes aparecendo na imagem com aspectos de solos expostos (foto 11).



Foto 11 - (a) Pastagens período chuvoso e (b) pastagens secas entre algarobas espaçadas.

Desta forma pelo que observa-se nas imagens de 1984 e 1999 o efeito do mega evento El Niño 97/98 foi bem mais severo e dramático para o município.

A figura 24 apresenta as PC1 obtidas das bandas 5, 4 e 3 das imagens dos anos de 1994 **(a)** e 1999 **(b)**. As principais componentes para as datas avaliadas para o município de Sumé confirmam a análise das imagens com composição RGB contrastadas.

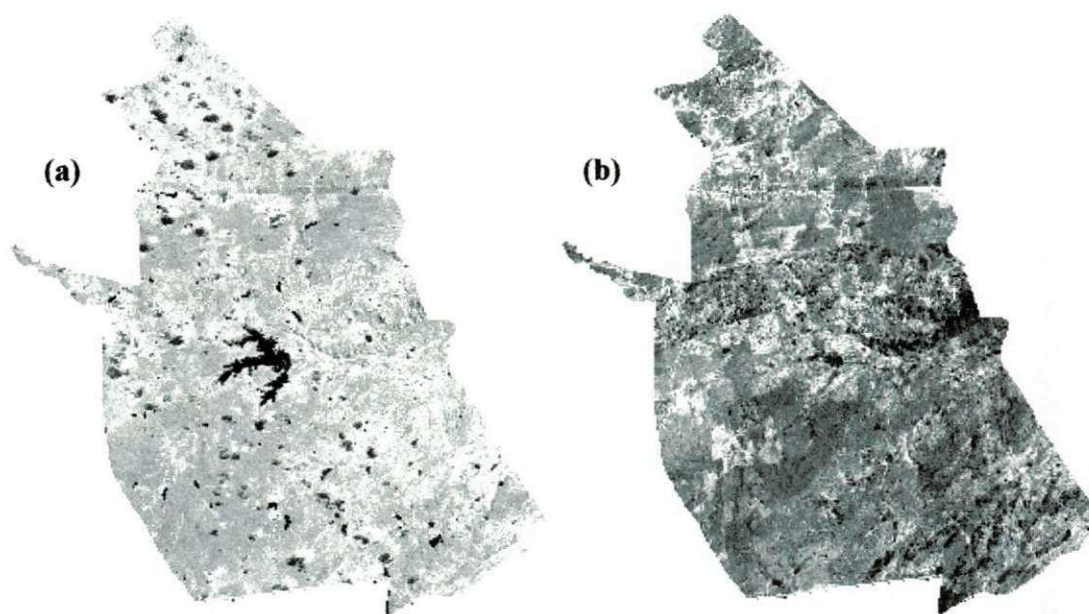


Figura 24 - **(a)**PC1 das bandas 5, 4 e 3 da imagem de 17/06/1984. **(b)** PC1 das bandas 5, 4 e 3 da imagem de 17/10/1999.

A imagem de 1984 realça bem o açude de Sumé na tonalidade negra, já na imagem de 1999 as áreas degradadas de solos expostos que aparecem em tons bem claro estão bem evidenciadas, dando maior confiança na avaliação de sua extensão. Na avaliação destas duas imagens também é possível verificar que na imagem de 1984, além do açude de Sumé, aparecem outros açudes de pequeno porte, mas indicando a presença de água, enquanto que na de 1999 mesmo no açude de Sumé, quase não identifica-se o espelho d'água. Isto retrata fielmente as conseqüências relativas a pluviometria para o município nestas duas épocas e confirmando que o efeito pós mega evento 97/98 foi realmente mais desastroso que o 82/83.

A Figura 25 mostra o resultado da razão entre canais das imagens de 1984 **(a)** e de 1999 **(b)**. É preciso lembrar que nas imagens IVDN as tonalidades de cinza claro correspondem as áreas de desenvolvimento de uma vegetação verde, vigorosa e sem

estresse hídrico. As tonalidades de cinza escuro representam as áreas predominantemente de solos expostos ou de vegetação que está sob estresse hídrico.

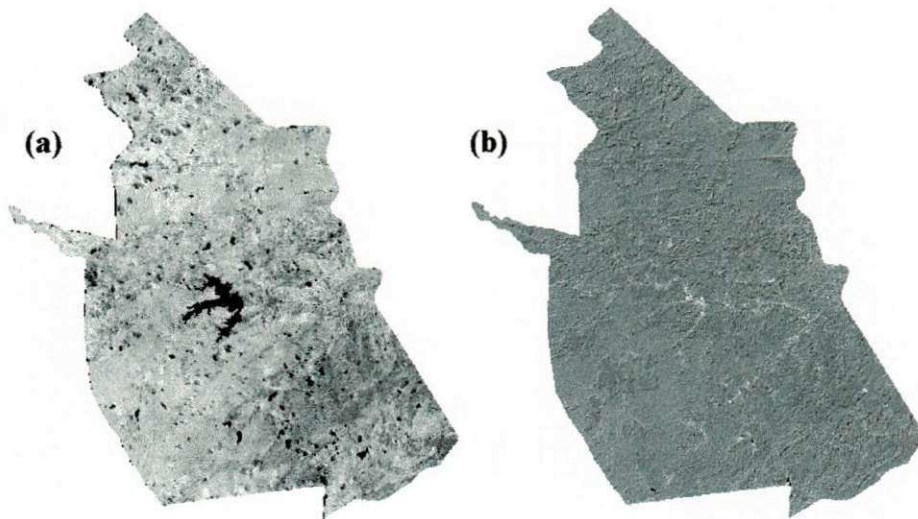


Figura 25 - (a) imagem IVDN para o ano de 1984 e em (b) imagem IVDN para o ano de 1999.

Comparando as duas imagens é possível afirmar que a de 1999 apresenta um quadro bem mais desolador que a de 1984. As poucas áreas que aparecem com tons de cinza mais claro, indicando presença de vegetação sem estresse hídrico, estão relacionadas com a drenagem ou mesmo no leito seco do açude de Sumé. Este fato corrobora com a afirmação de que o efeito da seca de 1997 a 1999 foi bem mais severo para o município, pois prolongou-se mesmo após o mega evento 97/98.

A Figura 26 mostra a composição multiespectral ajustada para 1984 (a) e 1999 (b).

A imagem (a) mostra um quadro bem redundante com relação a composição RGB 5, 4 e 3, com contraste. As áreas em verde claro representam a vegetação mais viçosa, exuberante, sem estresse hídrico e as em verde mais escuro indicam uma vegetação um pouco mais estressada. As áreas em magenta representam a predominância dos solos expostos ou uma vegetação bem seca. A composição multiespectral ajustada (CMA) para o ano de 1999 mostra a presença de uma vegetação com tonalidade verde mais escuro apontando para uma situação de estresse hídrico. É possível observar que apenas em áreas

mais úmidas como é o caso do leito seco do açude de Sumé, ocorre a presença de uma vegetação menos estressada, representada pela tonalidade verde mais claro.

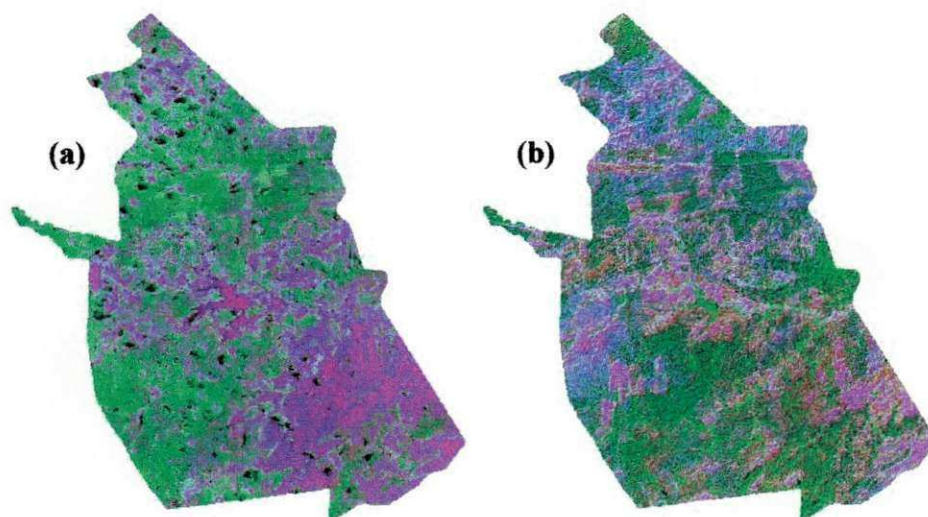


Figura 26 - Composição multiespectral ajustada: em **(a)** para o ano de 1984 e em **(b)** para o ano de 1999. (banda 3 no vermelho, IVDN no verde e a banda 1 no azul).

Na imagem **(b)** também pode-se observar as áreas desmatadas, os clarões abertos na vegetação, muitas vezes para formação de pastagens, deixando os solos vulneráveis. Mesmo nas áreas que aparecem vegetadas, em boa parte esta vegetação é bem rala, e só quando, durante os trabalhos de campo se aventura através dela é que percebe-se como esta cobertura vegetal mascara uma realidade de degradação, clarões de solos expostos, erosão laminar, por sulco e até voçorocas às vezes não discerníveis nas imagens nem tão pouco nas observações superficiais (Foto 12).



Foto 12 – (a) caatinga com clareiras degradadas e (b) solo exposto, degradação laminar e por sulco.

A Figura 27 mostra as imagens IVDN de Sumé classificadas e mapeadas no SPRING para os anos de 1984 em (a) e 1999 em (b). Verifica-se nesta figura para o mês de junho de 1984 que a cobertura vegetal no total representa 38% de ocupação. Os solos expostos ou com cobertura muito rala, somados às áreas de solos agrícolas limpos para o plantio representam em sua totalidade 60% de ocupação, enquanto a água representa 0,16%, o que equivale a 14,36 km² de espelho d'água, atestando um bom período chuvoso que abasteceu todos os mananciais da região.

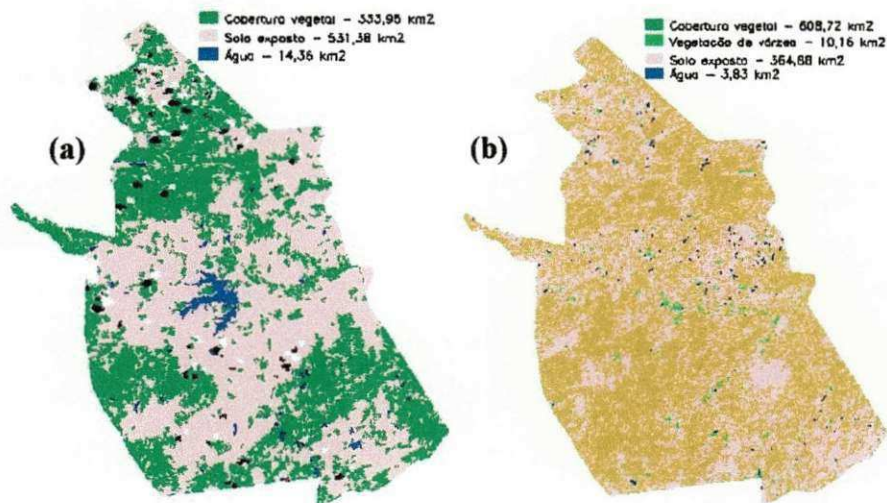


Figura 27 - Imagens IVDN classificadas e vetorizadas em (a) para 17/06/1984 e em (b) para 17/10/1999.

Para a imagem (b) observa-se no mapa que as áreas representativas da vegetação verde viçosa é bem pequena em relação a anterior. Como falou-se anteriormente esta vegetação está inserida sempre na drenagem e aparece no mapa na tonalidade verde claro representando uma área em torno de $10,16 \text{ km}^2$. As áreas de tonalidade mostarda, representam as pastagens e a vegetação de um modo geral em situação de grande estresse hídrico. Já a área cor de rosa representa os solos expostos. Como 1999 foi bem seco, com baixa pluviometria, a água do município para aquela data representava apenas $3,83 \text{ km}^2$. É importante lembrar mais uma vez que nesta época o açude de Sumé encontrava-se quase seco.

Em termos comparativos entre os anos de 1984 e 1999 que sucederam os mega eventos El Niño 82/83 e 97/99 para o município de Sumé, através da análise das imagens processadas digitalmente é possível atestar que o efeito do mega evento 97/98 foi o que efetivamente mais afetou o município.

8.5 ESTUDO COMPARATIVO DOS MUNICÍPIOS DE PICUÍ, SOUSA E SUMÉ PÓS MEGA EVENTOS ENOS 82/83 E 97/98.

8.5.1 PÓS MEGA EVENTO 82/83

Os mega eventos ENOS 82/83 e 97/98 são reconhecidamente os mais fortes e conseqüentemente os que efetivamente causaram maiores danos às populações afetadas pelas estiagens acentuadas nestes períodos.

Fazendo uma análise comparativa dos três municípios baseado nos IVDN e na pluviometria com relação ao período que sucedeu o mega evento El Niño 82/83, percebe-se que nos três municípios as precipitações médias para o ano de 1984 foram acima da média histórica. Apesar disso, a paisagem para o município de Picuí não conseguiu recuperar-se satisfatoriamente, e mesmo com a imagem datada de 17 de junho de 1984, pós-período chuvoso, o estado de degradação dos solos é tão crítico que a vegetação não consegue uma boa regeneração. A imagem de Sumé para o ano de 1984 denota uma paisagem com uma cobertura vegetal relativamente boa, apenas a região sudeste apresenta uma área desprovida de vegetação exuberante. Como os solos do município aparentemente possuíam índices de degradação bem menores, com a boa precipitação ocorrida naquele ano, a vegetação

conseguiu regenerar-se, principalmente naquelas regiões mais preservadas, nas serras, em suas encostas e mesmo nas áreas de pastagens naturais, onde as gramíneas tendem a vicejar já com as primeiras chuvas. A imagem de Sousa para o ano de 1984 chama a atenção por uma distribuição vegetativa bastante irregular, com uma área bem vegetada a nordeste, com uma mata bem preservada em região de serras, e com uma região um pouco menos densa a sul-sudeste. De uma maneira geral a situação do município apresentada na imagem é de pouca cobertura vegetal, especialmente nas baixadas, onde o homem exauriu praticamente todas as reservas para exploração agrícola e pecuária.

Portanto fazendo uma análise comparativa do IVDN 84 dos três municípios, pode-se observar que Picuí é o município que apresenta uma paisagem mais devastada, com destaque para região que hoje representa o núcleo de desertificação, seguido de Sousa, cuja vegetação concentra-se nas regiões de serra, e Sumé, que pela imagem, na época apresentava boa parte do município com presença de vegetação, até porque a economia da região girava em torno do perímetro irrigado, que com o açude de Sumé cheio, encontrava-se a pleno vapor, não havendo sobrepastoreio e o desmatamento era bem insipiente.

8.5.2 PÓS MEGA EVENTO 97/98

Após análise das imagens IVDN para o ano de 1999, observa-se que o município de Picuí apresenta uma paisagem bastante adversa, com pouquíssimas áreas vegetadas e grande porção de solos expostos. Pode-se também observar nas imagens que a parte central do município aparece com uma cobertura vegetal relativamente maior, como provável consequência de um repouso das terras ocasionado por uma migração a que a população se viu obrigada a fazer face a falta de sustentabilidade destas áreas. Um fato importante de mencionar é que nestas imagens aparece o açude de Várzea Grande que não existia em 84 e hoje é quem abastece a cidade. Mesmo aparecendo uma vegetação insipiente na região central do município, inclusive na área do núcleo de desertificação, pode-se afirmar pelos recentes trabalhos de campo, que esta vegetação apenas mascara uma degradação severa destes solos, só observada quando se percorre estas áreas. É que, com as chuvas, a caatinga têm uma capacidade incrível de maquiagem de verde uma realidade desastrosa como é um núcleo de desertificação. Aliás, de uma maneira geral a paisagem semi-árida esconde uma

realidade cruel, só percebida pelos observadores mais atentos. É a chamada seca verde. As imagens IVDN 1999 de Sumé retratam uma vegetação bem descontínua, com pequenas áreas vegetadas de forma ininterrupta e muitos desmatamentos. Em todo município aparecem clarões de solos expostos em regiões que em 84 estavam bem vegetadas, provavelmente estas áreas foram desmatadas para pastagens visando a pecuária extensiva. De uma maneira geral houve uma diminuição acentuada da vegetação do município em relação ao ano de 1984, como consequência também da mudança da exploração econômica em que o município se viu obrigado a fazer após o desastre ocorrido com o fim do perímetro irrigado devido ao esgotamento do açude de Sumé, fazendo com que a agricultura irrigada desse lugar a pecuária bovina e caprina, que com o desmatamento e sobrepastoreio favoreceram ainda mais a degradação.

Para o município de Sousa observa-se que em 1999 encontrava-se desprovido de vegetação, com exceção das regiões de serra a nordeste e ao sul, onde inclusive encontrava-se mais exuberante devido às chuvas sazonais. Com relação ao perímetro irrigado apesar de uma maior presença de culturas irrigadas, também os clarões de solos possivelmente salinizados são bem marcantes. Mesmo com uma precipitação média anual superior a média histórica a vegetação na data das imagens estão nitidamente estressadas, sofrendo ainda as consequências do mega El Niño 97/98.

Fazendo uma análise comparativa do IVDN de 1999 para os três municípios, observa-se que em relação a 84 o que parece ter sofrido maior devastação foi o município de Sumé, entretanto deve-se levar em consideração o desastre ocorrido no município com o fim do perímetro irrigado, forçando a população a buscar através da exploração dos recursos naturais uma forma de garantir sua sobrevivência. Sousa, apesar da exploração exaustiva de suas baixadas, mantém algumas áreas de serra preservadas, inclusive ao sul, onde a implantação da Escola Técnica Federal proporcionou uma melhor conservação daquela área. Picuí, que apesar de apresentar-se na imagem IVDN de 1999 com um índice vegetativo maior que em 1984, é o município em situação mais calamitosa do ponto de vista vegetativo, principalmente pela presença do núcleo de desertificação. Finalmente pode-se afirmar que baseado na análise das imagens Landsat de 1984 e 1999 processadas digitalmente o período pós mega evento El Niño 97/98 foi mais desastroso para os municípios de Picuí, Sumé e Sousa que o de 82/83.

8.6 ATUALIZAÇÃO DOS MAPAS DE DEGRADAÇÃO DE SOUSA, SUMÉ E PICUÍ.

A atualização dos mapas de degradação ambiental foi feita a partir das imagens Landsat 7, com datas de 17 de outubro de 1999 para o município de Picuí e 03 de maio de 2001 para os municípios de Sousa e Sumé.

Foi feito uma análise das imagens processadas com combinações RGB, com contraste linear nas bandas 7, 5 e 3 para Sousa e Sumé e 5, 4 e 3 para Picuí. Os dados foram analisados a partir dos tons das cores, da textura, das formas e do uso, que auxiliados pelo trabalho detalhado de campo, propiciaram a confecção dos mapas de degradação ambiental.

8.6.1 SOUSA

A Figura 28 mostra a composição RGB das bandas 7, 5 e 3 da imagem Landsat 7 do ano de 2001 para o município de Sousa, submetidas ao processamento digital.



Figura 28 - Composição colorida RGB, banda7(azul), banda5(verde) e banda3(vermelho).

Após a transformação RGB aplicou-se a equalização do histograma da imagem de tal forma que cada classe de pixel passasse a conter aproximadamente um igual número de pixels, aumentando ainda mais o contraste e permitindo uma fotointerpretação visual ainda melhor.

A imagem de Sousa (Figura 28) representa este tratamento feito a partir das bandas 3,5 e 7 do Landsat7. Nela é possível identificar com bastante clareza as informações refletidas de todos os alvos de interesse (solo, água e vegetação). A vegetação mais densa encontra-se com uma tonalidade verde escura caracterizando áreas mais preservadas do município. No perímetro irrigado de São Gonçalo as plantações irrigadas são também facilmente identificadas quer pela coloração escura favorecida pela alta absorção da água em suas folhagens conferindo-lhe uma tonalidade mais forte, quer pelo comportamento espacial a jusante do açude de São Gonçalo. Apesar da imagem não fornecer a possibilidade da visualização tridimensional é possível através da sensibilidade intuitiva imaginar que as áreas de preservação representadas pela tonalidade verde escura são áreas de serra de acesso mais difícil, portanto, menos sujeita a ação antrópica. As áreas que apresentam uma tonalidade de verde mais claro são as áreas de pastagem ou mesmo as de porte arbustivo caracterizadas na imagem como áreas de maior reflectância que as de vegetação densa. Os corpos d'água estão muito bem definidos e é possível observar com clareza o açude de São Gonçalo, além de outros de menor porte. Os solos expostos estão representados pelas tonalidades claras e podem ser visualizados em praticamente todo município. Com este tratamento conferido à imagem foi possível também distinguir com clareza na imagem as áreas de Vertissolos, que pela presença de argila, favorecendo a absorção da radiação eletromagnética, apresentam tonalidade mais escura que os solos mais arenosos ou mesmo que os solos com problemas de salinidade que refletem bastante.

Uma observação bastante interessante retirada da imagem é a presença de um corpo d'água avermelhado próximo ao perímetro irrigado. Este alvo que chama atenção na imagem na realidade é uma lagoa de recepção do perímetro irrigado para onde escoam bastante material argiloso que se deposita neste reservatório. Esta comprovação foi constatada em trabalho de campo, mas observando-se este mesmo alvo nas Figuras 31 (banda 7 do infravermelho médio) e 32 (banda 3 do visível) pode-se ver que na banda 3 este corpo apresenta alta reflectância sendo representado pela tonalidade cinza claro, isto

acontece porque na região do visível a água reflete como resultado da interação da radiação eletromagnética com material em suspensão. Na banda 7, o corpo d'água aparece na imagem bem definido e com tonalidade bastante escura, como consequência da principal característica eletromagnética da água que é alta absorção no infravermelho próximo e médio. Portanto com o tratamento utilizado complementado pelo trabalho de campo (Mapas de caminhamento anexos 4, 5 e 6) as imagens possibilitaram gerar todas informações necessárias ao estudo de degradação ambiental, bem como a confecção do mapa de degradação ambiental de Sousa (figura 33).

8.6.2 SUMÉ

A figura 29 mostra a composição RGB das bandas 7, 5 e 3 da imagem Landsat 7 do ano de 2001 para o município de Sumé, submetidas a manipulação de contraste.

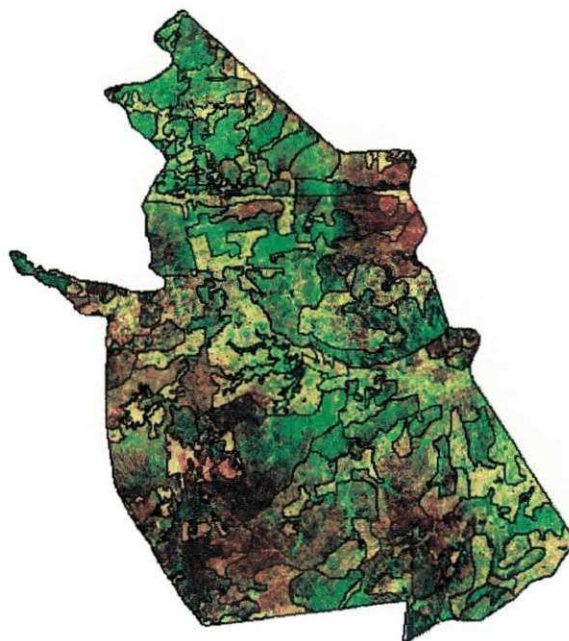


Figura 29 - Composição colorida RGB, banda 3 (vermelho), banda 5 (verde) e banda 7 (azul).

Após a transformação RGB aplicou-se a equalização do histograma da imagem de tal forma que cada classe de pixel passasse a conter aproximadamente um igual número de pixels, aumentando ainda mais o contraste e permitindo uma fointerpretação visual ainda melhor.

Na imagem contrastada, pode-se observar com bastante clareza a situação de degradação em que se encontra o município. As áreas verdes, representando a vegetação encontram-se bem exaurida, e mesmo na região mais ao norte observam-se clarões de solos expostos na tonalidade bem mais clara. Algumas dessas áreas são vistas em formatos geométricos bem definidos, como verdadeiros recortes, dando mostra do desmatamento feito nestas áreas, geralmente para servirem de pastagens. Na realidade o pouco remanescente de vegetação no município está relacionado com as áreas de difícil acesso, como nas encostas das serras.

Na região central do município pode-se observar que o açude de Sumé apresenta um espelho d'água relativamente pequeno e que o restante de seu leito encontra-se tomado por uma vegetação de gramíneas e algumas leguminosas que os colonos plantam para aproveitarem a vazante (constatado em trabalho de campo). Devido a boa precipitação ocorrida no município em 2000 e 2001, pode-se observar vários corpos d'água espalhados pela imagem (tons pretos), denotando que os mananciais receberam um bom volume d'água. Na região sul/sudoeste observa-se algumas áreas bem degradadas, com manchas de solos expostos algumas vezes intercaladas por áreas com vegetação.

Pode-se também observar que na região central em direção ao Noroeste muitas áreas aparecem desprovidas de vegetação, são áreas que outrora pertenciam ao perímetro irrigado de Sumé, que com o fim da irrigação ficaram praticamente abandonadas e sujeitas a degradação, com seus solos expostos.

8.6.3 PICUÍ

A Figura 30 mostra a composição RGB das bandas 5, 4 e 3 da imagem Landsat 7 do ano de 1999 para o município de Sumé, submetidas à manipulação de contraste.

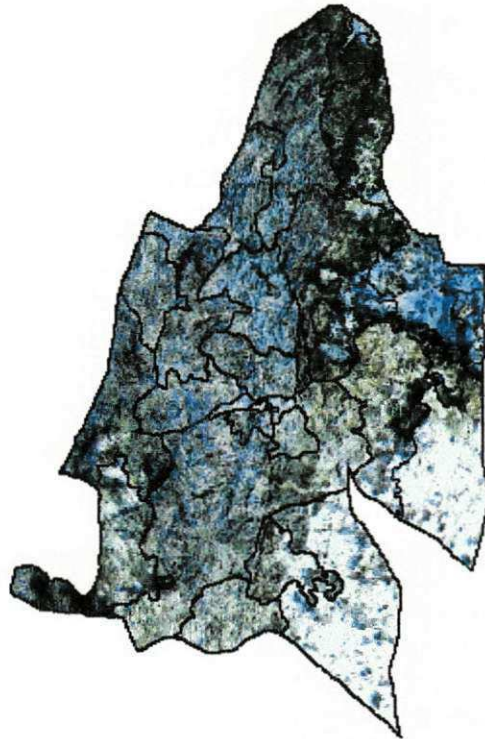


Figura 30 - Composição colorida RGB, banda 3 (vermelho), banda 4 (verde) e banda 5 (azul).

Analisando a imagem contrastada de Picuí pode-se observar algumas áreas a sul/sudeste na tonalidade branca, estas áreas na realidade são utilizadas para agricultura de sequeiro e possui solos bastante arenosos, que conferem esta tonalidade mais clara à imagem. As áreas mais a norte/nordeste, representadas por tonalidades mais escuras são regiões de serra, onde observa-se em suas encostas menos acessíveis presença de vegetação, sendo que em cima das serras, onde ocorrem áreas ainda menos degradadas, em recentes trabalhos de campo, constatou-se o desenvolvimento de agricultura de subsistência e fruticultura.

Na região central da imagem, descendo para o sul observa-se uma extensa área em tonalidade azul mais claro que corresponde as áreas mais degradadas do município, e onde encontram-se inserido os dois núcleos de desertificação que somados já representam uma área alarmante de 35,6km². Estes núcleos encontram-se em plena expansão, com solos expostos, erosão laminar por sulco e voçorocas, sendo necessário um trabalho urgente de intercessão dos poderes públicos no sentido de tentar conter este avanço.

Portanto com o tratamento digital processado nas imagens de Sousa, Sumé e Picuí, juntamente com os trabalhos de campo, foi possível confeccionar os mapas de degradação ambiental para os três municípios (Figuras, 33, 34 e 35).

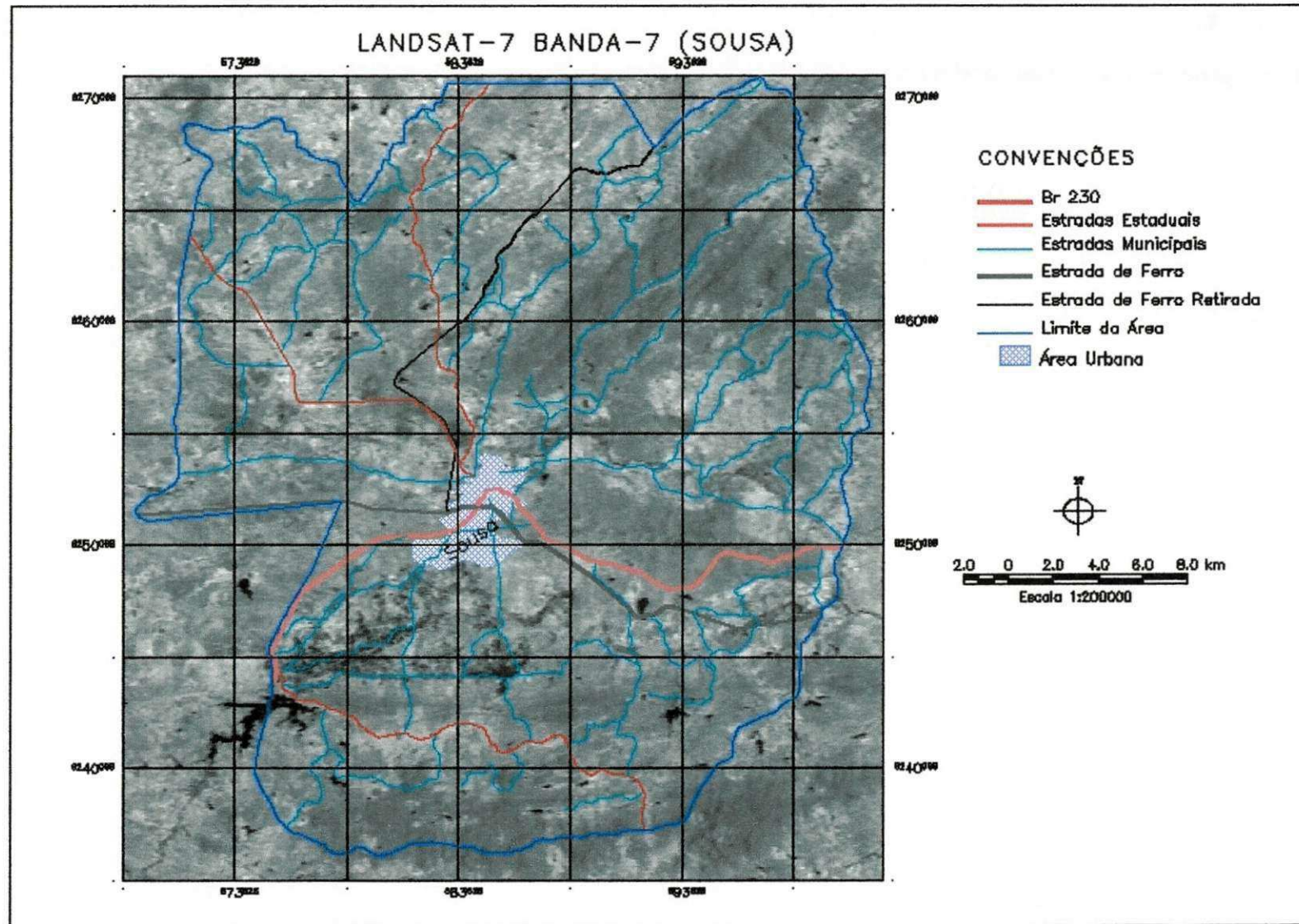


Figura 31. Banda 7 do Landsat 7- Sousa PB

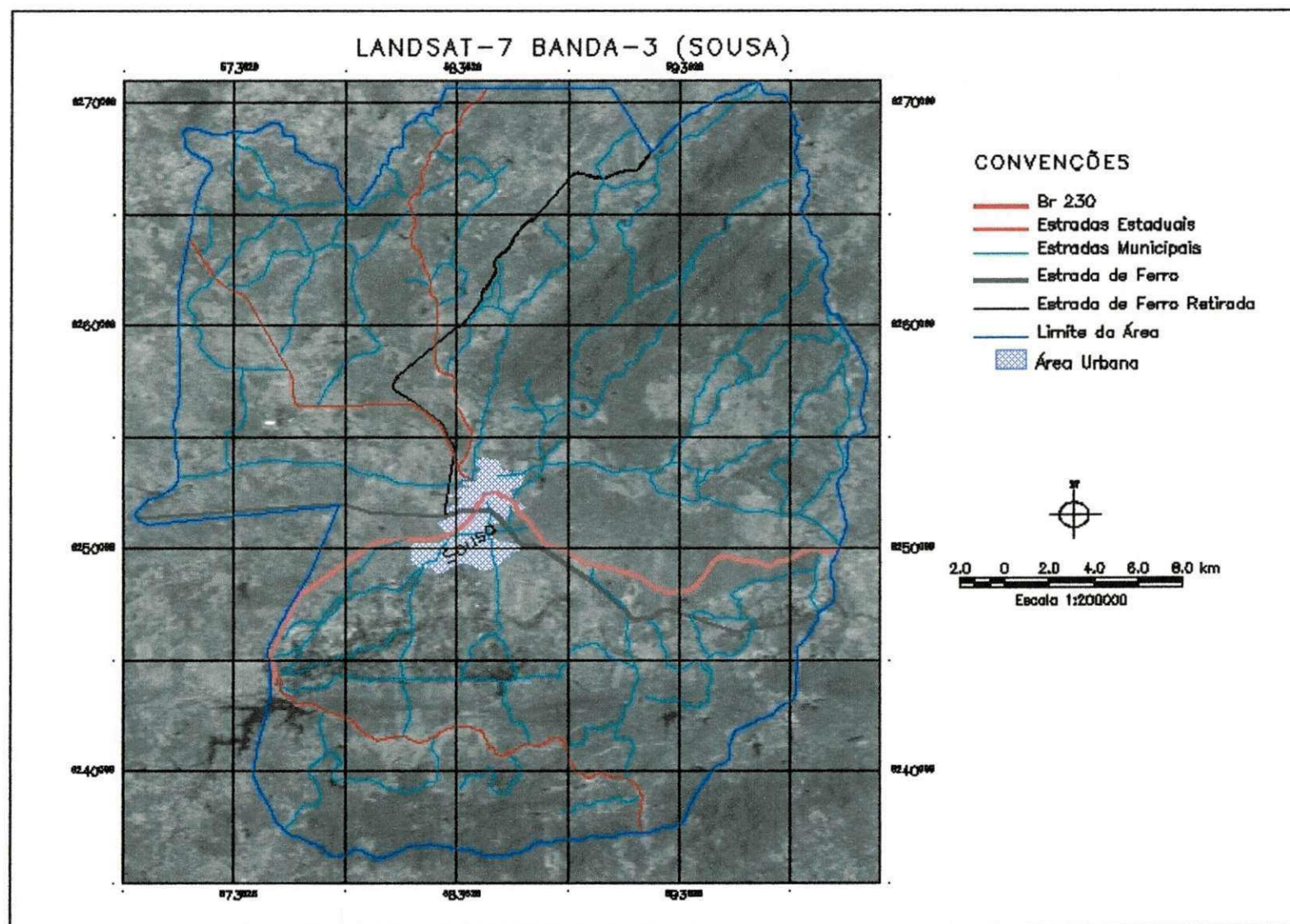


Figura 32. Banda 3 do Landsat 7- Sousa PB

8.7. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DE SOUSA, SUMÉ E PICUÍ

A Desertificação foi definida pelas Nações Unidas como sendo "a degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas resultantes de fatores diversos tais como as variações climáticas e as atividades humanas" sendo que, por degradação da terra se entende:

- a) Degradação dos solos e recursos hídricos
- b) Degradação da vegetação e biodiversidade
- c) Redução da qualidade de vida da população afetada

Estudos realizados pelo CPATSA e FIBGE no semi-árido nordestino, foram sintetizados em um diagnóstico de caráter regional, que serviram de base ao MMA na formulação e definição de uma legenda dos diferentes níveis de degradação que vêm comprometendo o semi-árido brasileiro. Esta legenda compreende desde as áreas de Atenção Especial, que são áreas não compreendidas pelo semi-árido, até os denominados Núcleos de Desertificação, que são consideradas áreas **onde os efeitos do processo estão concentrados em pequena e delimitada parte do território, porém com danos de profunda gravidade**. Ainda conforme os dados adotados pelo MMA, pode-se destacar as seguintes categorias do processo de desertificação do semi-árido: a muito grave, a grave e a moderada, com processos de antropismo.

Em trabalho de escala de semi-detalle, realizados por Cândido (2000), Silva (2002), Araújo (2002), Saraiva (2002), entre outros, estas categorias da desertificação foram subdivididas e consideradas, em um paralelo, como níveis da degradação ambiental, dentro do processo de desertificação e agrupados como a seguir: baixo, baixo-moderado, moderado, grave, muito grave e núcleos de desertificação.

No presente trabalho, para facilitar e possibilitar uma melhor análise comparativa entre áreas distintas do semi-árido paraibano estudadas, gerou-se uma legenda para os mapas de degradação ambiental dos três municípios (Figuras 18, 19 e 20) com a definição de **oito níveis de degradação**: muito baixo, baixo, moderado baixo, moderado, moderado grave, grave, muito grave e núcleo de desertificação. Este detalhamento dos níveis de degradação possibilitou um efeito comparativo, sem generalizar tanto situações de degradações evidentemente distintas, nem que tão pouco fosse sacrificado informações

importantes. Esta legenda favorece ainda maiores detalhes e riqueza de informações, só possíveis de implementação com este desdobramento.

A partir do resultado do tratamento digital das imagens de satélite das áreas estudadas e de um exaustivo trabalho de campo, foi possível confeccionar os mapas de degradação ambiental para os três municípios e calcular suas áreas por nível de degradação.

No mapa de degradação ambiental de Picuí pode-se observar que a classe representativa da degradação muito baixa (cor verde escura na legenda) não aparece no mapa. O fato é que o município se encontra de tal forma desprovido de matas e reservas naturais que não existe nenhuma área que possa ser representada como de degradação muito baixo.

Nos mapas de degradação ambiental de Sousa e Sumé estas áreas se encontram presentes em pequenas porções.

Pelos mapas também é possível observar que no município de Sousa prevalece o nível de degradação moderado baixo, já em Sumé a predominância é dos níveis moderado e moderado baixo enquanto que Picuí fica dividido entre o moderado grave e o muito grave.

Uma observação importante é que as áreas dos mapas que representam as classes muito baixo geralmente correspondem às encostas das serras nos municípios, onde o acesso do homem é mais difícil, comprovando o efeito antrópico do mesmo sobre o semi-árido.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS ENCONTRADAS PARA CADA NÍVEL DE DEGRADAÇÃO

1. Nível de degradação muito baixo

- Vegetação: densidade muito alta, porte predominante arbóreo
- Uso da terra: praticamente nulo
- Erosão : não observada
- Matéria orgânica: presente em alta quantidade
- Densidade populacional: muito baixa/nula

2. Nível de degradação baixo

- Vegetação: densidade alta, porte arbóreo e arbustivo

- Uso da terra: Vegetação nativa e pecuária extensiva em pequena escala.
- Erosão: muito baixa/nula
- Matéria orgânica: presente em alta/média quantidade
- Densidade populacional: muito baixa/baixa

3. Nível de degradação moderado baixo

- Vegetação: densidade média/média alta, porte arbustivo com exemplares arbóreos.
- Uso da terra: Vegetação nativa, pecuária extensiva em pequena escala, agricultura de sequeiro
- Erosão: baixa
- Matéria orgânica: presente em razoável quantidade
- Densidade populacional: média

4. Nível de degradação moderado

- Vegetação: densidade média, porte arbustivo, poucos exemplares arbóreos
- Uso da terra: Vegetação nativa, pecuária extensiva, agricultura de sequeiro e pequena irrigação
- Erosão: Moderada (laminar)
- Matéria orgânica: Pouca
- Densidade populacional: média

5. Nível de degradação moderado grave

- Vegetação: Rala/média, porte predominantemente arbustivo
- Uso da terra: vegetação nativa, pecuária extensiva e semi-extensiva, agricultura de sequeiro, irrigação em média escala
- Erosão: Média/Alta (laminar/sulcos)
- Matéria orgânica: Pouca
- Densidade populacional: alta

6. Nível de degradação grave

- Vegetação: rala, porte predominantemente arbustivo
- Uso da terra: pecuária extensiva a extensiva em grande escala, agricultura de sequeiro e irrigação em grande escala.

- Erosão: alta (laminar, por sulco evoluindo para voçorocas)
- Matéria orgânica: Ausente
- Densidade populacional: alta/média

7. Nível de degradação muito grave

- Vegetação: muito rala e inexistente
- Uso da terra: abandonada
- Erosão: muito alta (laminar, por sulcos e voçorocas), áreas salinas
- Matéria orgânica: ausente
- Densidade populacional: muito baixa

8. Núcleos de desertificação

- Vegetação: Inexistente ou arbustiva de porte muito baixo
- Uso da terra: abandonada
- Erosão: em grande escala (todos os níveis)
- Matéria orgânica: ausente
- Densidade populacional: praticamente nula.

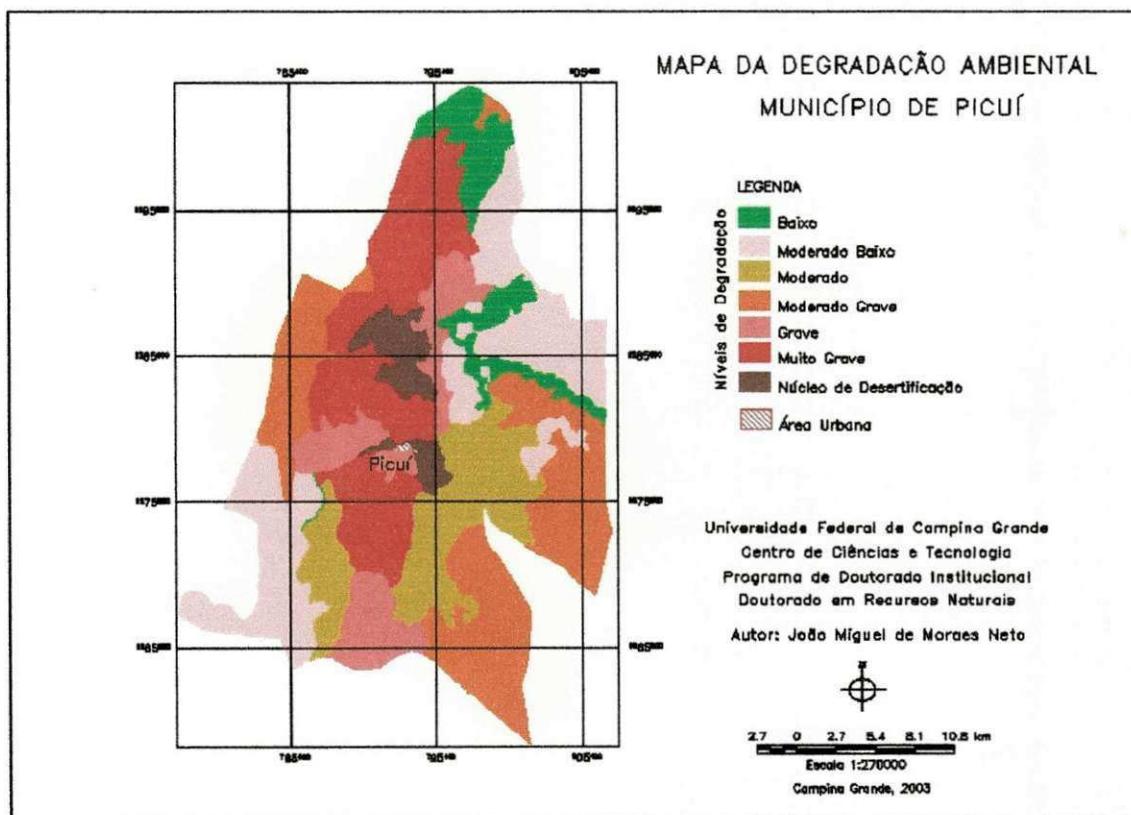


Figura 33 – Mapa dos níveis de degradação ambiental do município de Picuí - PB

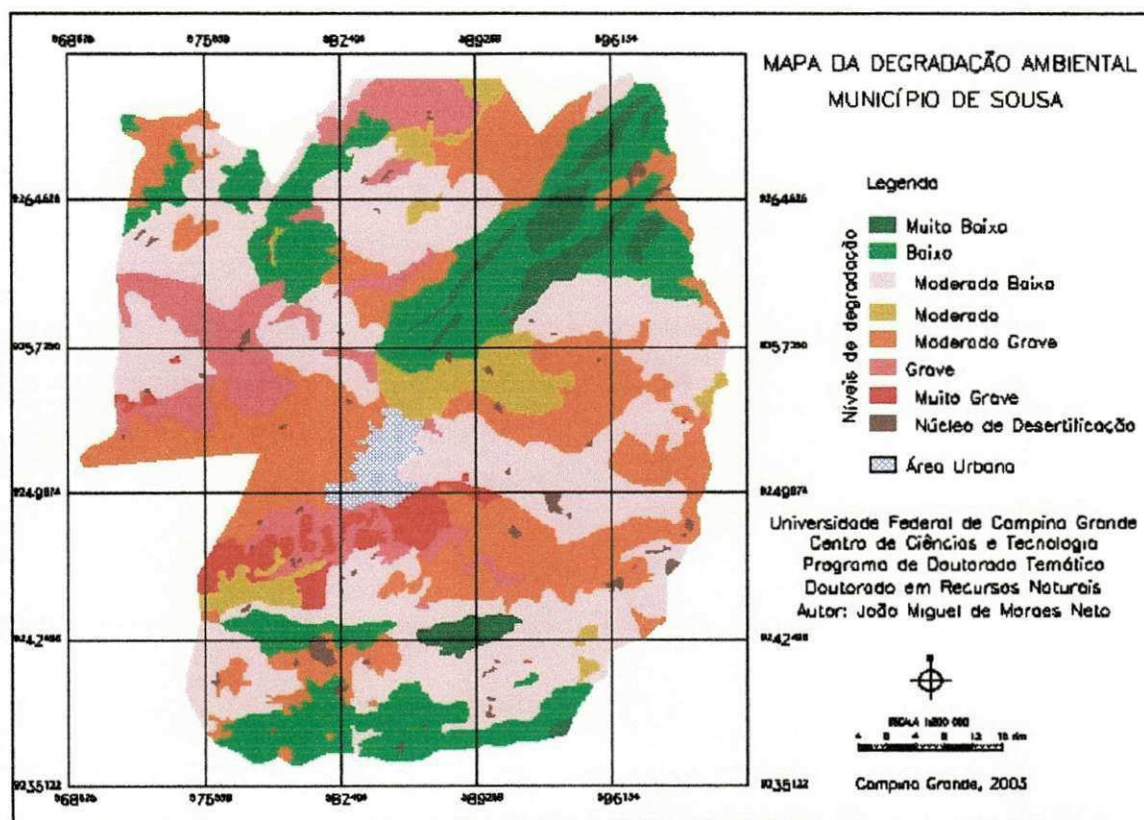


Figura 34 – Mapa dos níveis de degradação ambiental do município de Sousa - PB

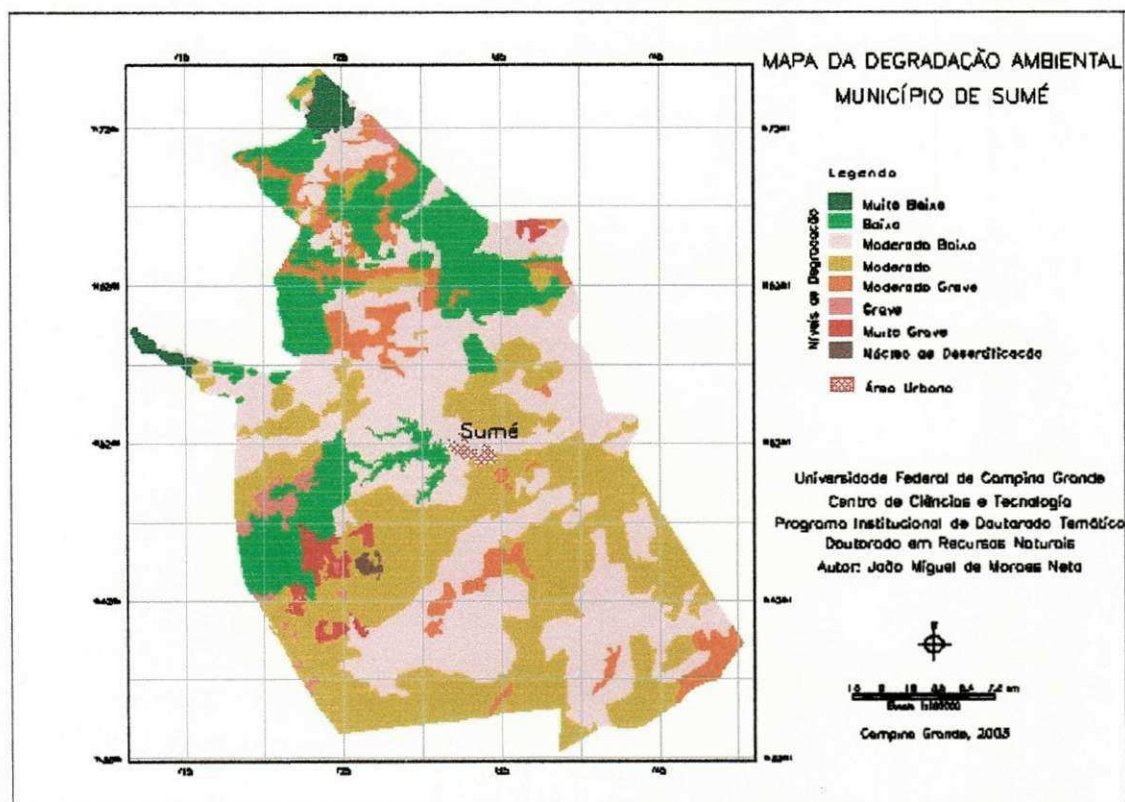


Figura 35 – Mapa dos níveis de degradação ambiental do município de Sumé - PB

Núcleo de desertificação

A escala de desenvolvimento do trabalho permitiu que a análise das condições ambientais dos três municípios estudados definisse os núcleos de desertificação associados. Estes núcleos de desertificação, de tamanhos variados, desde alguns poucos hectares até alguns quilômetros quadrados, têm uma distribuição espacial ao longo dos territórios dos municípios de forma não homogênea. No Município de Picuí foram definidos os dois maiores núcleos de desertificação, que se caracterizam por ocuparem áreas de relevo ondulado a fortemente ondulado, embora topograficamente ocupem as porções mais baixas do terreno. A vegetação é aberta, representada principalmente por juremas e marmeleiros, e por cactáceas, como o xique-xique, o facheiro, a palma silvestre, etc. Os solos são litólicos, com alta pedregosidade, e se caracterizam por uma intensa erosão tanto laminar como por sulcos. O Núcleo de desertificação Várzea Grande, a norte da cidade de Picuí, apresenta uma densidade populacional praticamente zero. Com a exaustão das terras, a pequena população rural antes existente em sua área, migrou para a sede do município. Hoje o garimpo de feldspato e quartzo é uma atividade que esporadicamente pode ser encontrada em seus limites. No entanto, em um passado não muito remoto esta atividade parece ter sido bastante desenvolvida, fato atestado pelos inúmeros garimpos abandonados encontrados na região. O núcleo de desertificação Picuí, sobre o qual está localizada a cidade de Picuí, é um exemplo típico da pressão demográfica sobre o meio ambiente. Este núcleo apresenta extensas áreas, a oeste da cidade de Picuí completamente sem vegetação, em áreas onde o solo foi retirado como material de empréstimo e o ambiente não foi recuperado (Fotos 14, 15 e 16). Por outro lado, embora o seu relevo não seja propício ao desenvolvimento da agricultura, a agropecuária aqui anteriormente desenvolvida exauriu as terras de tal maneira, que tiveram de ser abandonadas.



Foto 14. Núcleo de desertificação de Várzea Grande -Picuí PB – Foto tirada durante a seca de 2001.

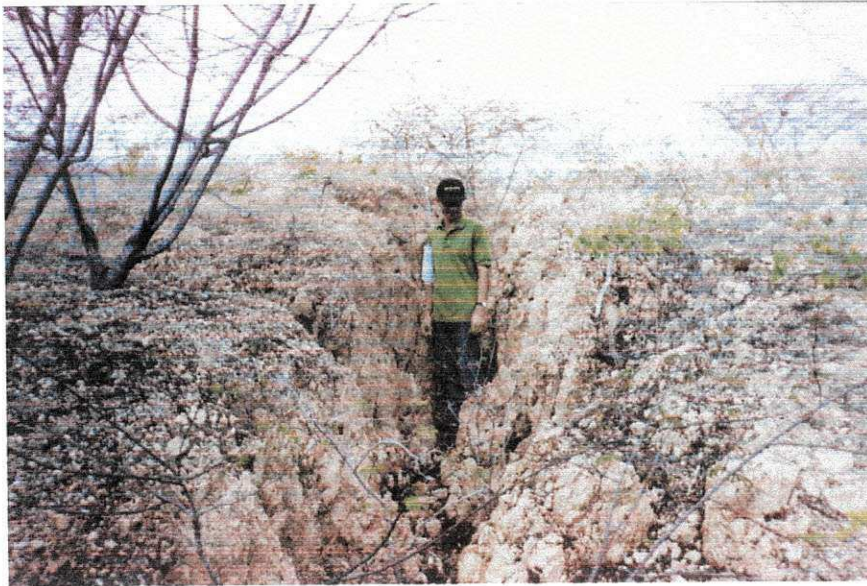


Foto 15 – Aspecto da profunda erosão dos solos nas áreas dos núcleos de desertificação.

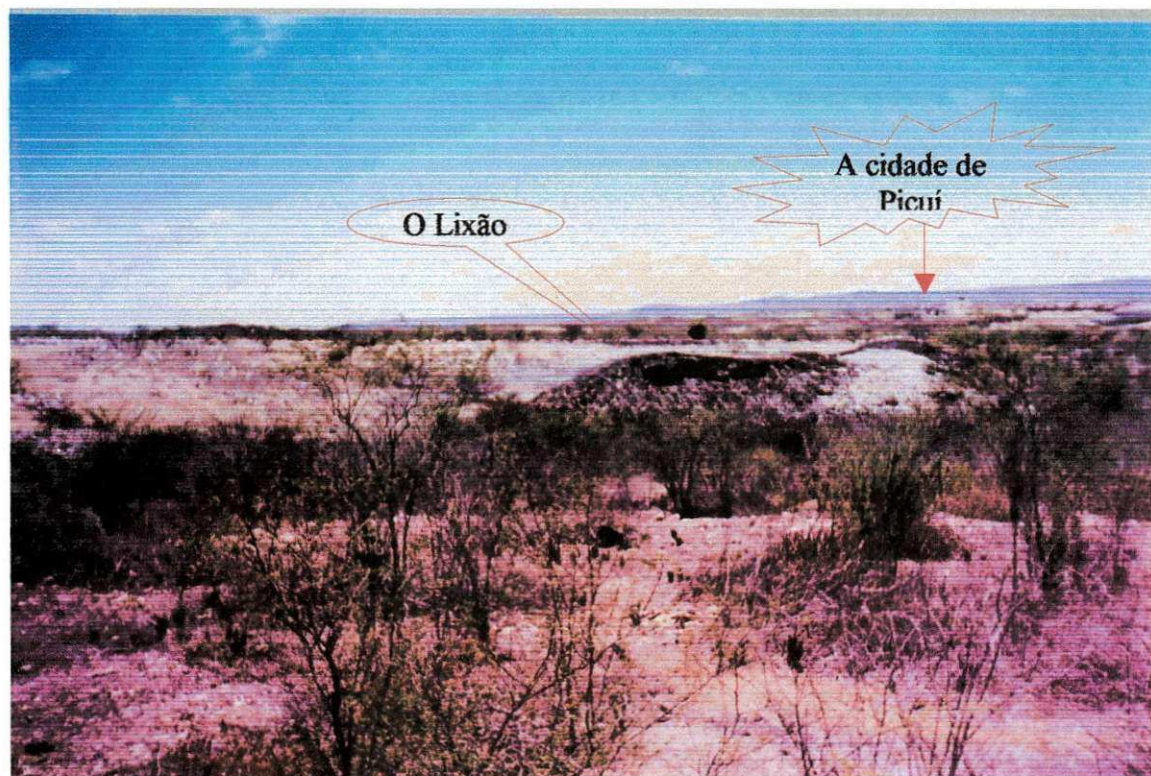


Foto 16 - Aspecto do núcleo de desertificação Picuí, que tem sofrido uma pressão demográfica intensa.

No Município de Sousa, os núcleos de desertificação se desenvolveram a partir de uma pressão demográfica grande e devido à falta do planejamento das atividades rurais. São pequenas áreas, que ocorrem ao longo de toda a extensão territorial do município. O mais grave pode-se considerar o aparecimento destes núcleos dentro do perímetro irrigado de São Gonçalo, mostrando o estado de abandono que este perímetro está sofrendo, com deterioração de sua infraestrutura (Foto 17). Diferentemente dos núcleos de desertificação de Picuí, estes apresentam, em sua maioria um relevo plano, às vezes suavemente ondulados a ondulados, quando em áreas cristalinas (Foto 18).



Foto 17 – aspecto de um pequeno núcleo de desertificação dentro dos limites do perímetro irrigado de são Gonçalo.



Foto 18 - Aspecto de um dos núcleos de desertificação do Município de Sousa, em área do embasamento cristalino.

A alta intensidade das chuvas torrenciais do município favorece o rápido desenvolvimento da erosão dos solos. Sem solos, a tendência é o desaparecimento da vegetação, e o avanço da erosão em direção às áreas vizinhas, em níveis de degradação mais baixos.

No município de Sumé, os núcleos de desertificação são também pequenos, e têm uma distribuição espacial não homogênea. São de tamanhos variados, e a maioria varia, em áreas. São caracterizados em sua maioria por uma vegetação muito rala, ou quase inexistente, e o relevo predominante é o plano a suave ondulado/ondulado (Foto 19). Como em Picuí e em Sousa, o desenvolvimento destes núcleos está diretamente associado ao fator antrópico, principalmente pelo desenvolvimento de uma pecuária extensiva.



Foto 19 - Aspecto de um dos núcleos de desertificação do Município de Sumé.

Nível de degradação muito grave

As três áreas estudadas apresentam níveis de degradação muito grave com vegetação rala a inexistente, uma erosão muito alta favorecida pelos solos expostos, baixa densidade populacional e terras abandonadas. Muitas destas regiões no município de Picuí tornaram-se ainda mais vulneráveis à erosão devido ao abandono de garimpos (Foto 20). A diferença deste nível para os núcleos de desertificação reside no fato de que, embora a

gravidade da degradação praticamente é a mesma, neste nível ainda pode-se observar a presença de remanescentes vegetais nativos e algumas áreas onde está ocorrendo de modo espontâneo uma certa recuperação do ambiente.



Foto 20. Área de garimpo abandonado em Picuí PB.

Na região de Sumé estas áreas estão associadas ao sobrepastoreio que exauriu quase na totalidade a cobertura vegetal favorecendo a erosão laminar e a formação de sulcos e voçorocas. As condições de vulnerabilidade proporcionaram o êxodo rural destas áreas sendo comum encontrar casas abandonadas (Foto 21).



Foto 21. Casas abandonadas – Sumé PB

Em Sousa as áreas definidas como pertencentes ao nível muito grave representam em sua maioria solos com problemas de salinidade, decorrentes do mau uso do solo e principalmente da utilização de técnicas de irrigação inadequadas. Como se sabe, o semi-árido é caracterizado por solos rasos, baixos índices pluviométricos e altas taxas de

evapotranspiração que favorecem a salinização dos solos, principalmente quando do uso inadequado da irrigação. Várias destas áreas em Sousa foram e são até hoje exploradas por sistemas de irrigação superficial e sem nenhuma preocupação com a drenagem. Na Foto 22 pode-se observar uma área com solos afetados por sais dentro do município. Destes solos foram coletadas amostra (Anexo 7) e dados de temperatura. Os dados de temperatura obtidos em áreas de solos salinos foram comparados com os dados de temperatura de áreas de solos não afetados por sais. Os solos salinos apresentaram uma temperatura sempre maior podendo chegar até ao valor de 52 °C, enquanto que a média para os solos não-salinos ficou um pouco abaixo dos 40 °C. Em termos de refletância espectral na região do visível, os valores digitais obtidos no simulador SPOT, mostrou que os solos salinos, sem vegetação têm valores altos, em uma média de 130, fato que pode ser facilmente confirmado nas imagens TM, onde estes solos nas bandas do visível apresentam tonalidades claras e textura fotográfica fina.



Foto 22. Área com problemas de salinidade – Sousa PB. Nível de degradação grave.

Este nível de degradação está presente em todos os três municípios sendo que em Picuí, representa mais de 25% da área rural. Como características mais comuns, observa-se uma vegetação rala, um avançado processo de erosão, pedregosidade alta dos

solos e densidade populacional de média a alta. Nestas áreas é visível a atividade antrópica do homem que se vê obrigado a utilizar os poucos recursos naturais que a natureza ainda oferece. Também é comum encontrar residências e lavouras abandonadas. Uma característica interessante dessas áreas é a forma como a paisagem mascara o nível de degradação do solo no período pós-chuva. Este nível se caracteriza por uma seqüência intercalada de áreas de solos completamente expostos com áreas de vegetação semi-densa (Foto 23).



Foto 23 - Aspecto da intercalação de áreas de solos expostos com vegetação após período chuvoso.

Esta situação só é perceptível quando se adentra ao “mato”, pois das estradas e até mesmo de pontos mais elevados, se tem a impressão que a cobertura vegetal verde é homogênea. Na Foto 24 pode-se observar uma área grave em avançado processo de degradação.



Foto 24. Voçoroca em área de degradação grave – Picuí PB.

Na Foto 25 pode-se observar uma área representativa deste nível de degradação grave para o município de Sousa. Nesta área identifica-se o solo exposto, com pedregosidade, relevo ondulado, favorecendo a erosão laminar e por sulco já presentes e evoluindo para voçorocas. Esta classe de degradação representa aproximadamente 8,11% da área do município.



Foto 25 - Área de degradação grave em Sousa

Na foto 26 observa-se uma área representativa do nível de degradação grave em Sumé. A principal característica é uma vegetação semi-densa, aberta, com pouco desenvolvimento de gramíneas, e quase nenhuma cobertura dos solos por detritos orgânicos. A vegetação está representada por juremas e algaroba de porte arbustivo. Os solos desprotegidos estão altamente vulneráveis a erosão.

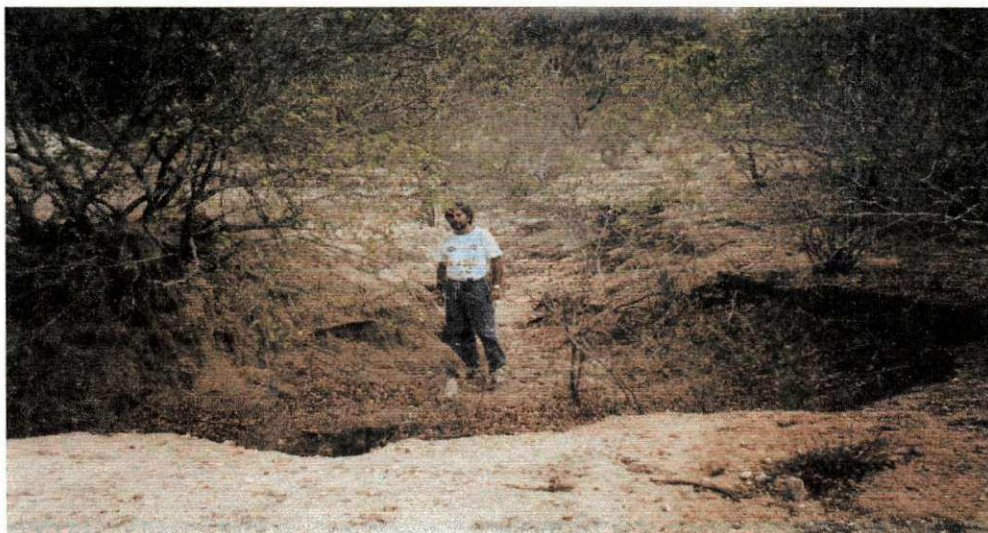


Foto 26 - Área de degradação grave. Sumé. Formação de Voçoroca aberta, profunda. Nota-se que a erosão está descobrindo o sistema radicular da vegetação.

Nível de degradação moderado grave

Sousa é o município com maior percentagem de terras neste nível de degradação (25,83%) que é caracterizado pela pecuária extensiva a semiextensiva, afloramento de rochas, vegetação rala e solos com pouca cobertura de gramíneas,

tornando-o vulnerável à erosão laminar. Mesmo no período chuvoso é possível visualizar clarões de solos expostos. Neste nível observa-se uma alta densidade populacional. A Foto 27 é bem representativa destas áreas mostrando uma mancha de solo exposto intercalada a vegetação arbustiva característica, que está sendo utilizada para a pecuária extensiva.



Foto 27. Mancha de solo exposto e pecuária extensiva-Sousa PB.

No município de Sumé este nível de degradação é definido por áreas de vegetação arbustiva, representada principalmente por juremas, aparecendo as vezes algumas espécies arbóreas, que se intercalam com manchas de solos expostos, com pedregosidade variando de baixa a média, e com pouco desenvolvimento de gramíneas. A cobertura por detritos orgânicos é muito baixa. A erosão laminar e/ou por sulcos está presente em toda a área deste nível (Foto 28).



Foto 28 – Juremas e manchas de solo exposto – Sumé PB.

No município de Picuí as ocorrências deste nível estão associadas às áreas de cultivo agrícola, onde predomina o plantio das culturas de sequeiro, além da presença de algumas fruteiras. Estas áreas sofrem uma grande pressão demográfica, influenciando diretamente na degradação ambiental. Os solos predominantemente de textura arenosa, em época de seca são explorados e vendidos como material de construção, como mostrado na Foto 29.



Foto 29 – Área de retirada de material – Picuí PB.

Mais de 11% da área rural de Picuí encontra-se no nível de degradação moderado grave.

Nível de degradação moderado

A área representativa do nível de degradação moderado é muito pequena para o município de Sousa, porém para Sumé e Picuí é de mais de 30% do território destes municípios. Este nível caracteriza-se por uma densidade populacional média, por uma vegetação arbustiva com alguns exemplares arbóreos. A atividade agrícola está presente. Na maioria das áreas mais íngremes o cultivo é feito morro abaixo, sem técnicas que propiciem uma melhor preservação destes solos. Nos topos aplainados das serras de relevo tipo mesa, as atividades agrícolas são mais intensas e onde geralmente são encontradas em maior número as árvores frutíferas.

A Foto 30 apresenta aspectos inerentes à classe de degradação moderado no município de Picuí. É possível verificar presença de frutíferas como mangueiras, cajueiros e coqueiros em um terreno relativamente plano e com alguma cobertura vegetal - pasto, que apesar de seco devido ao período do ano, ajuda na conservação do solo dificultando a erosão laminar e conseqüentemente a formação de sulcos.

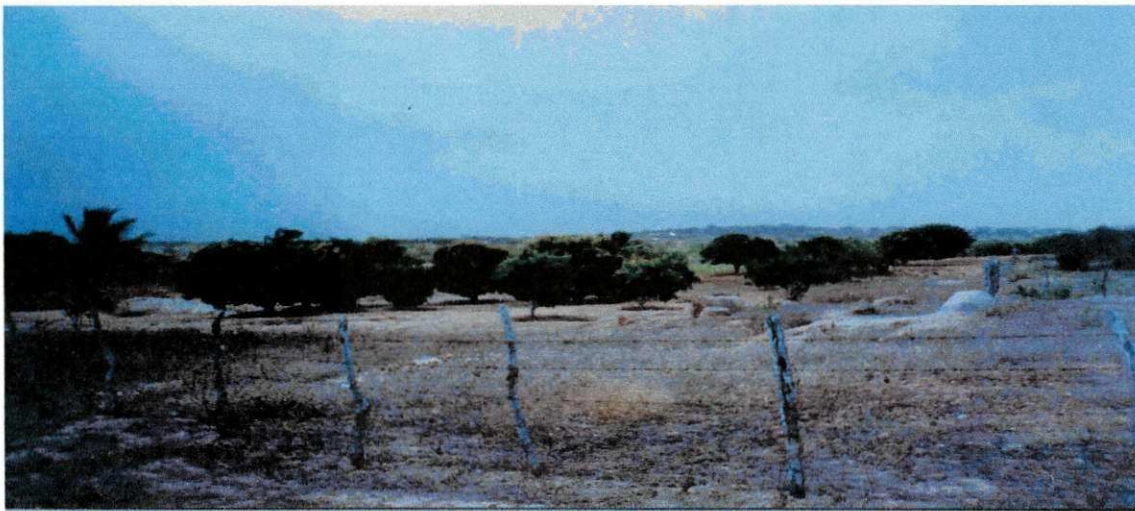


Foto 30. Fruteiras em área com nível de degradação moderado - Picuí PB

No município de Sousa as áreas relacionadas a este nível de degradação são caracterizadas por uma vegetação semi-densa, às vezes densa, com remanescentes arbóreos da vegetação natural, que se intercalam com áreas de desenvolvimento agrícola. No entanto a pressão demográfica sobre este nível é alta, devido à intensa atividade antrópica. A Foto 31 mostra uma área recentemente desmatada para o uso agrícola. O relevo é de suave ondulado a ondulado, com predominância de solos litólicos com pedregosidade média. Em alguns pontos foram observadas áreas de solos expostos vulneráveis à erosão laminar e por sulco, onde a declividade é mais acentuada.



Foto 31 – Clarão de desmatamento em Sousa PB.

No Município de Sumé este nível está relacionado com área de desenvolvimento da pecuária extensiva – bovinos, caprinos e ovinos. A vegetação varia de um tipo de capoeirão a arbustiva de porte baixo a médio, os solos predominantes são os regossolos, com pouca cobertura por gramíneas e detritos orgânicos. Observou-se no campo a formação insipiente de sulcos ao longo das trilhas dos animais e em concordância com a declividade do terreno (Foto 32).



Foto 32 – Vegetação arbustiva e caminho de animais. Sumé PB.

Nível de degradação moderado baixo

Este nível é o mais representativo em termos percentuais, principalmente para Sumé (38,4%) seguido de Sousa (34,8%) e Picuí (22,62%). Este nível está caracterizado nos três municípios por densidades populacionais médias, por vegetação de densidade média a média alta, com porte arbustivo e exemplares arbóreos. A erosão dos solos é baixa e geralmente apresenta uma certa cobertura de detritos orgânicos. A agricultura de subsistência das culturas de feijão, milho, macaxeira e mandioca está presente, além de fruteiras, com destaque para as mangueiras, cajueiros e coqueiros.

A Foto 33 mostra áreas plantadas com mandioca e sisal ao longo da cerca.



Foto 33. Nível de degradação moderado baixo- Picuí PB.

Como no nível moderado, este nível no Município de Picuí ocorre nas áreas elevadas das serras de topo tipo mesa, onde as condições climáticas são mais favoráveis ao desenvolvimento da agricultura, com destaque para a fruticultura : maracujá, cajueiro, pinheira, graviola, jaqueira, entre outras.

No município de Sousa este nível tem o seu maior desenvolvimento em áreas de relevo plano, associado principalmente às áreas da bacia do Rio do Peixe e de ocorrência de vertissolos. O relevo predominantemente plano a suavemente ondulado é um fator de proteção da erosão do solo agrícola, em época de seca. As áreas relacionadas a este nível são utilizadas para o plantio das culturas de sequeiro, principalmente o milho e o algodão, como também para o cultivo de capim. A vegetação natural é de porte arbustivo, semi-densa, representada principalmente pela jurema (Foto 34).



Foto 34 – Área preparada para plantio – Sousa PB.

No município de Sumé este nível está relacionado com áreas de relevo plano, em áreas de grandes propriedades, cuja atividade principal é a pecuária. Caracteriza-se pelo desenvolvimento de pastagem, e pela presença da algaroba (Foto 35). A principal atividade agrícola é a bovinocultura, porém ultimamente está sendo inserida a criação de ema, como experimento de adaptação. A vegetação natural, quando presente está representada pelo desenvolvimento de uma vegetação de porte baixo do tipo capoeirão.

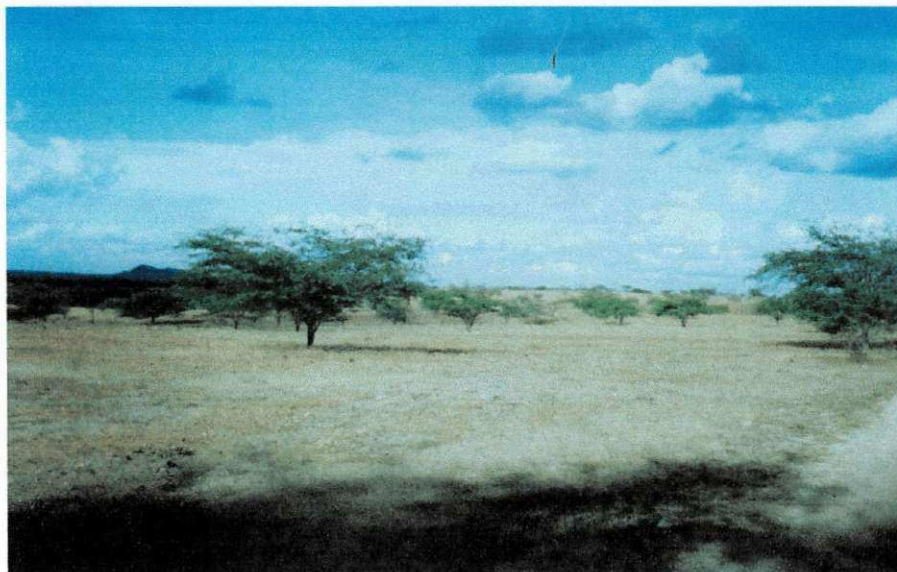


Foto 35 – Área de pastagem – Sumé PB.

Nível de degradação baixo

Este nível de degradação está muito pouco representado no município de Picuí (2,08%) dando indicativo da situação difícil em que se encontra, com ausência de reservas florestais de qualquer espécie. Até mesmo o núcleo de desertificação (5,12%) apresenta um percentual de área maior que o deste nível. Já Sousa e Sumé possuem mais de 15% de suas terras pertencentes a este nível, que é representado por uma vegetação arbórea arbustiva de densidade alta, nível de erosão muito baixo e baixo uso do solo e por uma densidade populacional baixa.

A Foto 36 representa uma área com nível de degradação baixo no município de Sumé. É possível observar que apesar da época seca o solo apresenta cobertura vegetal por gramínea e uma boa cobertura por detritos orgânicos, o que dificulta a erosão laminar. A vegetação do tipo arbustiva, semi-densa, está representada por juremas, catingueiras, e outras espécies arbóreas remanescentes.



Foto 36. Vegetação semi-densa no período seco- Sumé PB.

No município de Sousa este nível de degradação está associado a áreas de relevo plano a suavemente ondulados, principalmente associados à bacia sedimentar do Rio do Peixe. A vegetação natural é predominantemente arbustiva, com exemplares arbóreos, e um bom desenvolvimento de herbáceas, contribuindo assim com um bom percentual de matéria orgânica. Os solos são argilosos, predominando os brunos não-calcico. Este nível

caracteriza-se pelo desenvolvimento principalmente da bovinocultura e pelo plantio de capim e forrageiras (Foto 37).



Foto 37 - Forragens verdes irrigada com água do Rio do Peixe– Sousa PB.

No Município de Picuí este nível se desenvolve principalmente nas encostas da Serra Vermelha ou de Cuité (Foto 38). Caracteriza-se pela presença de uma vegetação arbustiva de porte médio a alto, com alguns exemplares arbóreos remanescentes. Nas partes mais baixas das encostas o solo predominante é o litólico, passando para o topo da serra para regossolos, associados aos sedimentos da formação Serra do Martins. A cobertura dos solos está representada por gramíneas e herbáceas, e foi observada também uma boa cobertura por detritos orgânicos.



Foto 38 – Área de encosta – Picuí PB.

Classe de degradação muito baixo

Foi possível observar no mapa da Figura 33 que o município de Picuí não apresenta nenhuma área representativa desta classe, que está caracterizada por uma vegetação densa de porte predominantemente arbóreo, com um solo bem coberto por gramíneas, matéria orgânica e baixíssima densidade populacional (praticamente zero). O município de Sousa é o que apresenta maior área dentro desta classe de degradação (3,8%). Estas áreas geralmente são de serra e encostas íngremes, onde o acesso ao homem é dificultado pelo relevo. A Foto 39 mostra uma área de degradação muito baixa na serra do Pimenta em Sousa, onde observa-se a exuberância de uma vegetação preservada, com exemplares arbóreos e com o solo protegido da erosão. Os principais representantes arbóreos encontrados durante os trabalhos de campo foram o Mofumbo, o Faveleiro, a Jurema, o Mororó, o Anjico, o Pau d'arco, a Jitirana, o Pereiro, etc. Entre as herbáceas o destaque é para a malva e a alfazema.



Foto 39. Serra do Pimenta – Sousa PB.

9.CONCLUSÕES

1. Os efeitos dos eventos ENOS efetivamente atuam no semi-árido paraibano, influenciando na diminuição das médias pluviométricas e conseqüentemente na queda da produção. Observou-se através do Teste U (Assistat versão 6.2) que existe diferença significativa nas médias pluviométricas anuais a nível de 5% de probabilidade entre os períodos com e sem influência do El Niño para os municípios de Sousa e Sumé e a nível de 10% de probabilidade para Picuí.
2. O tratamento digital de imagens utilizado possibilita o estudo dos recursos naturais, mostrando-se bastante eficaz na identificação dos alvos terrestres(solo, vegetação e água), bem como na avaliação dos níveis de degradação dos municípios estudados.
3. O estudo temporal das imagens Quick Look permite confirmar o efeito avassalador do mega evento El Niño 97/98 no meio ambiente das áreas em estudo, bem como a hipótese de que as conseqüências efetivas dos mega eventos no semi-árido se estendem além do período de ocorrência destes eventos.
4. Os três municípios estudados (Sousa, Sumé e Picuí) encontram-se todos em situações de altíssima vulnerabilidade social, econômica, tecnológica e à seca, com índices de vulnerabilidade superiores a 45, configurando uma situação de alto risco a desastre.
5. A metodologia utilizada de oito níveis de degradação ambiental mostrou-se bastante eficaz ao estudo comparativo de regiões distintas do semi-árido paraibano, possibilitando um maior refinamento de detalhes nas áreas estudadas.
6. Todos os municípios estudados estão com altos índices de degradação ambiental, entretanto Picuí é o que se encontra em situação mais grave, completamente desprovido de reservas florestais e com um núcleo de

desertificação em expansão, com uma área equivalente a 5,12% da área do município.

9.1.SUGESTÕES

1. Que o poder público adote medidas concretas através de políticas públicas adequadas capazes de mitigar as vulnerabilidades a que estas populações estão sujeitas, principalmente face ao efeito dos mega eventos ENOS, facilmente detectáveis e tão desastrosos para região semi-árida paraibana.
2. Que sejam tomadas medidas emergenciais para minimizar o efeito avassalador das secas repetidas no semi-árido, criando condições adequadas para fixação do homem no campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, V. C. **Historia y desastres en América Latina**. Colômbia, v.1, 1996. p.15-37.
- ADAS, M. & ADAS, S. **Panorama geográfico do Brasil: contradições, impasses e desafios sócio-espaciais**. 3 ed. São Paulo: Moderna, 1998. 596p.
- AYSAN, YASEMIN Y PAUL OLIVER, **Housing and Culture after Earthquakes**, Oxford Polytechnic, Oxford, 1987.
- BALLON, Eduardo. "El Niño y la política". En : Que Hacer . 1998 n.3: n.111 p. 6-8.
- BARBOSA, M. P. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo dos recursos naturais e do ambiente. **Apostila**, Campina Grande, DEAg / UFPB. 2000. 50p.
- BARBOSA, M. P. **Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação e manejo dos perigos naturais**. Campina Grande: Universidade de Manitoba, Canadá / UFPB-CCT, 1997. 41p. (Relatório de Pós-Doutorado).
- BARBOSA, M. P.; SANTOS, M. J. dos. SIG e os desastres naturais. Uma experiência na região de Sumé, Estado da Paraíba, Brasil. In: Maskrey, A. (ed.). **Navegando entre brumas – la aplicación de los Sistemas de Información Geografica al análisis de riesgo en América Latina**. Lima: LA RED/ITDG, 1998. cap. 13, p. 127-344.
- BARBOSA, M. P. **Comportamento espectral dos alvos – módulo 04**. Curso de Especialização em Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas. Campina Grande: ABEAS/UFPB, 1998. 21p.
- BARBOSA, M. P.; SINGHROY, V.; SAINT-JEAN, R. Mapping coastal erosion in Southern Paraíba, Brazil from RADARSAT-1. **Canadian Journal of Remote Sensing**, Ottawa, Canadian Aeronautics and Space Institute, v. 25, n. 3, p. 323-328, 1999.

BARROS, M. A. de. **Sistema de Informações geográficas** – módulo 07. Curso de Especialização em Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas. Campina Grande: ABEAS/UFPB, 1998. 45p.

BAUER, M.E.L.; BIEHL, L.L.; DAUGHTRY, C.S.J. **Final report Agricultural Science Under starding and Supporting Field Research**; prepared by LARS, Purdene University for NASA, Contract Report, n^o112879. 1979.

BENDER, S.; BELLO, E. **GIS aplicacions for natural hazard management in Latin America and the Caribbean**. Washington D.C: Departament of Rgional Devlopment, Organization of American States, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório** – reconhecimento dos solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. 283p.

BRASIL. Congresso. Senado Federal. Comissão El Niño. **Relatório Final** / Relator Waldeck Ornelas. – Brasília. Senado Federal. Secretaria Especial de Editoração e Publicações, 1997. 192p.

CAMARA, G. **Anatomia de Sistema de Informação Geográfica: visão e perspectivas de evolução**. In Eduardo Delgado, Assad e Edson Ey ji Sano ed., Sistema de Informação Geográfica. Aplicação na Agricultura, 1993, pp. 15-37.

CAMARA, G.; Souza, R. C. M.; Garrido, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computer & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395 – 403, 1996.

CAMBY, Thomas Y. “El Niño ill wind”. In: Ntional Geographic, vol 165, n^o 2, 1984, p. 144 – 183.

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

CARDONA, O. D. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. In: Maskrey, A. (ed). **Los desastres no son naturales**. Colômbia: LA RED/ITDG, 1993. p. 51-74.

CLIMERH. **Anomalias La Nina 2002**. www.climerh.rct-sc.br/nino. 13 jan. 2002.

CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO. MMA, 1995. 95p.

CORDEIRO, G. G.; BARRETO, A. C.N. Levantamento das condições de salinidade e sodicidade do projeto de irrigação de São Gonçalo (2ª parte). Petrolina, EMBRAPA, 1988. 57p.

CPTEC. **Previsões 1998**. www.cptec.inpe.br 21 jan. 2000.

CPTEC. **Tabela de anos El Niño / La Niña**. www.cptec.inpe.br 21 jan. 2001.

CUNHA, G.R. El Niño – Oscilações do Sul: Um fenômeno que influencia o clima e a agricultura de diferentes partes do mundo. **Plantio Direto**, Passo Fundo, N^o29, p.4-8, set/out. 1995.

DAVIS, IAN, *Aquitectura de emergencia*, Série Tecnologia y Arquitectura, Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1980.

DNOCS/MINTER/II CA. **Plano de operação e manutenção do projeto de irrigação de São Gonçalo**. São Gonçalo – PB. 1985

DNOCS/MINTER/II CA. **Diagnóstico do projeto de irrigação de São Gonçalo para formulação de plano de recuperação e modernização**. São Gonçalo – PB. 1988.

DPI/INPE-Divisão de Processamento de Imagens/Instituto de pesquisa Espaciais; **Processamento de Imagens**. Vol. 4. SPRING. Versão 2.0. São José dos Campos. 1996. Pp. 1-23.

ENGESAT. **Satélites**. www.engesat.com.br 05 jan. 2002.

FAO. Desertificação. <http://www.fao.org/desertification/default.asp?lang=sp> 15 jan. de 2002.

FAO. **La conservación de las tierras en America Latina** www.fao.org/ag.esp/revistas. 1998.

FATORGIS. **Sistema de Informações Geográficas**. www.fatorgis.com.br

FERNANDES, M.F. Avaliação da Aptidão Agrícola da Terra de parte do Setor Leste da Bacia do Rio Seridó, usando Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Campina Grande, UFPB, 1997. 186p. **Dissertação de Mestrado**.

FERNADES, M. de F.; BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J. da. O uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola das terras da parte do setor leste da bacia do Rio Seridó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, DEAg / UFPB. v. 2, n. 2, p. 195-198, 1998.

FIBGE. **Informações parciais sobre o censo 2000**. www.ibge.gov.br. 10 out. de 2001.

FIBGE. **Censo Agropecuário 1996**. www.ibge.gov.br. 10 out. de 2001b.

FIBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Dir. Reg./R.D.G. 67/86. **Boletim de Serviço** (suplemento) N^o 1763. Ano XXXVIII. Rio de Janeiro, 1989.

FIPLAN. Potencial de irrigação e oportunidades agroindustriais no Estado da Paraíba – Recursos naturais. João Pessoa: 1980. vol. 1.

FRANCO TEMPLE, E. El fenómeno de El Niño em Piura: ciencia, historia y sociedad. In: MEDINA, J.; ROMERO, R. **Los desastres sí avisan – estudios de vulnerabilidad y mitigación II**. Lima: ITDG, 1992. p. 29 - 50.

GLANTZ, Michael H. *Corrientes de Cambio: El Impacto de El Niño sobre el clima y la Sociedad*. Oficina de assistência para desastres. Cambridge University, 1998. 141p.

Hastenrath, S.; Greischar, L. Circulation mechanisms related to Northeast Brazil rainfall anomalies. *Journal of Geophysical Research*, 98(D3): 5093-5102, 1993.

Hastenrath, S. and Heller, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 103: 77-92, 1977.

HIDROSERVICE. **Condições sócio-econômicas atuais do Projeto São Gonçalo**. São Paulo: DNCS, 1969. In: FREITAS 1999.

IDRISI- **Studente Manual**, the IDRISI Project. Clark University. Worcester-MA, 1992.

INPE. www.inpe.br 05 jan. 2002.

INPE. **Previsões para 1998**. www.inpe.br Janeiro de 1998.

IZOLA, D. T.; PICOLLO, P.; CATALANO, F. M. Aerofotografias de baixo custo como instrumento de monitoramento ambiental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, DEAg / UFPB. v. 2, n. 2, p. 225 - 228, 1998.

KHAN, Ahmad Saeed e CAMPOS, Robério Telmo. Efeitos das Secas no Setor Agrícola do Nordeste (Estudo especial), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1992.

LA RED. www.desenredando.org. dez. 2001.

LAVELL, T. A. Ciencias sociales y desastres naturales en America Latina: un encuentro inclusivo. In: Maskrey, A. (ed). **Los desastres no son naturales**. Colômbia: LA RED/ITDG, 1993. p. 135-136.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. Jonh Wiley & Sons, New York, 1994.

LMRS. **Volume dos principais do açude**. www.lmrs.pb.gov.br. Setembro de 2001.

Kousky, V.E.; Kayano, M.T.; Cavalcanti, I.F.A. A Review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36A(5): 490-504, 1984.

MACÍAS, J. M. Análisis espacial del riesgo y el riesgo del análisis espacial. In: Maskrey, A. (ed.). **Navegando entre brumas** – la aplicación de los Sistemas de Información Geografica al análisis de riesgo en América Latina. Lima: LA RED/ITDG, 1998. p. 83-93.

Markham, C.G.; McLain, D.R. Sea surface temperature related to rain in Ceara, northeastern Brazil. *Nature*, 265(1): 320-325, 1977.

Maskrey, A. (ed.). **Navegando entre brumas** – la aplicación de los Sistemas de Información Geografica al análisis de riesgo en América Latina. Lima: LA RED/ITDG, 1998. p. 344.

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

Maskrey, A. (ed). **Los desastres no son naturales**. Colômbia: LA RED/ITDG, 1993. 166p.

MEDEIROS, R. P. de. El descompás de la sequía – desesperación y rutina de la agricultura y la ganaderia durante la sequía de 1980. **Desastres y Sociedad**, n.5, ano 3, 1995. www.desenredando.org

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

MEDINA, J.; ROMERO, R. **Los desastres sí avisan** – estudios de vulnerabilidad y mitigación II. Lima: ITDG, 1992. p.13 - 25.

MELO, ANNA BÁRBAIRE COUTINHO; BARBOSA, MARX PRESTES; OLIVEIRA, PATRICE ROLANDO DA SILVA. El evento ENOS y sus omplicancias en el semiárido del estado de Paraíba, Brasil. **Desastres & Sociedad**. La Red, 1998.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de susceptibilidade à desertificação no Brasil**. Brasília: MMA, 1998.

MOREIRA, M.A. e ASSUNÇÃO, G.V. **Princípios Básicos, Metodológicos e Aplicação do Sensoriamento Remoto na Agricultura**. INPE. 3199-MD/027. 1984. 70p.

Moura, A.D.; Shukla, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 38(7): 2653-2675, 1981.

NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER.
<http://enso.unl.edu/ndmc/impacts/impacts.htm> disponível em 20 de agosto de 2001.

NICHOLSON, S.E. Progress Physical Geography. In: **Sistemas de alerta temprana para casos de sequía y desertificación**. OMM-n. 906, Genabra, Suíça, 1999. *

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA. 1992. 308 p.

ONAE (Oficina Nacional de Emergencias), **PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA**. Atención de emergencias: bases para la elaboración de un plan nacional, Bogotá, 1987.

PALACIOS, G. La agricultura campesina en el Nordeste Oriental del Brasil y las sequías de finales del siglo XIII. In: ACOSTA, V. C. **Historia y desastres en America Latina. Colômbia.** v.1, 1996. p. 221 - 291.

PINTO, S. A. F. Sensoriamento Remoto e integração de dados aplicados no estudo de erosão dos solos: contribuição metodológicas. São Paulo: USP. 1991. (**Tese de Doutorado**).

PROJETO BRA/93/36. Convenção das nações unidas de combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África. Ed. Inconfidência, Brasília, 89p.

QUARENTELLI, E., 1994, Desastres and Catastrophes; Their conditions in and consequences for social development. Seminário Internacional Sociedade y Prevención de Desastres. Coordinación de Humanidades, UNAM, México.

QUEIROZ, C. N. **O processo de produção da pequena produção (familiar) modernizada: o caso do PISG (PB).** Campina Grande: UFPB / CH, 1993. (Dissertação de Mestrado).

QUEIROZ, J.E.R de; BARROS, M.A. de. Técnicas e Análise Digital de Imagem Multiespectrais. Programa de Suporte Técnico à Gestão de Recursos Hídricos - ABEAS. Curso de Sensoriamento Remoto e SIG - **Módulo 8.** Brasília/DF. 1996.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** São Paulo: Atlas, 1999. 333p.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de projetos ambientais.** Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997. 423p.

ROSA, R **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** Uberlândia. Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 1990, 136p.

Sato, José; Maskrey, Andrew. El Niño in Peru: Na analysis of its Impact and Management, World Bank Forum on El Niño, June 1998.

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Desertificação, o Brasil em busca de soluções, **Boletim Informativo**. Vol. 25, nº 1, janeiro/março/2000, Viçosa/MG.

SENADO FEDERAL, 1996, **Agenda 21**, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, 1992, Subsecretaria de Edições Técnicas, Senado Federal, Brasília.

SILVA NETO, A. F. & BARBOSA, M. P. Uso da terra e recursos hídricos na Bacia do Alto Rio Sucuru, com base em imagens TM/LANDSAT-5. Estado da Paraíba – Brasil. **Principia**. João Pessoa, n. 2, ano 1, p.69-80,1996.

SILVA, E.P. da. **Levantamento integrado dos recursos naturais de parte da microrregião homogênea de Sousa-PB, utilizando-se de técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas**. Areia-PB: CCA/UFPB, 1999. 72p. (Trabalho de Graduação em Engenharia Agrônômica).

SILVA, F.H.R.B. Caracterização dos Padrões de Drenagem a partir de Técnicas de Sensoriamento Remoto para Uso em Levantamento de Reconhecimento de Alta Intensidade de Solos. Campina Grande, UFPB, 1994. 149p. **Dissertação de Mestrado**.

SOUSA, E. A. **Projeto Áridas** – uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste. Brasília: 1994. 42p.

Souza, E. B. Um estudo observacional sobre o Padrão de Dipolo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. INPE, São José dos Campos - SP. 1997 (no prelo).

SOUZA, R. C. M. de; NETO, G. C.; ALVES D. S. O., O desenvolvimento de imagens no INPE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1990. **Anais**. São Paulo: Epusp, 1990. Pp. 168-173.

SUDENE. A Problemática e a Política da Terra no Nordeste. **Série Projeto Nordeste**, vol 7. 1985. Recife-PE.

SUDENE. HIDROSERVICE. Planejamento múltiplo da Bacia do Rio Piranhas. São Paulo, Relatório HE-R-19-1986, 13p.

SUDENE. **Programa Federal de Combate aos Efeitos da Seca** – manual das comissões municipais. Pernambuco: SUDENE, 1998. 40p. **

TOSI, F. A. Tecnologia GIS chega ao setor sucroalcooleiro. **Jornal Cana**. Ribeirão Preto: série II; ano VI; n.64. 1999. p.25.

VEJA – **O sertão virou pó**- Um pedaço do NE maior que o Ceará está se tornando um deserto imprestável para a lavoura. Marcos Gusmão, de Cabrobó. **Ambiente**. 01 de setembro/1999, 122-125p.

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

WIJLMAN, ANDERS Y LLOYD TIMBERLAKE, Desastres naturales: fuerza mayor u obra del hombre, Earthscan, 1985.

ANEXOS

3.2.4.4 - Modelo do Questionário aplicado nas entrevistas

Diagnóstico Sócio-Econômico e Ambiental aplicado às famílias Rurais do Município de Picuí – Paraíba.

Dados de Identificação

Número do questionário:

Nome da propriedade:

Localidade:

Nome do produtor:

Propriedade: própria _____ Arrendada _____ Empregado _____ Morador _____

A. Fator 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 _____
- 1.8. Mortalidade
- | | | | | |
|--------------|--------------|------------|--------------|------------|
| número _____ | idades _____ | sexo _____ | causas _____ | anos _____ |
| número _____ | idades _____ | sexo _____ | causas _____ | anos _____ |

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 (is) _____
- 2.15. Equipamentos de informática: Sim _____ Quais _____ Não _____

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. Surtos 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) _____
 5.12. Infestação por cólera: sim ___ não ___ quantas pessoas infectadas _____ mortes
 sim ___ não ___ Quando (em que período?) _____
 5.13. Infestação por dengue: sim ___ não ___ quantas pessoas infectadas _____ mortes
 sim ___ não ___ Quando (em que período?) _____

Fator Econômico**a) Variável Produção Vegetal**

- | | | | |
|--------------------|----------------|------------|---------------------|
| 6.1. Cultivo _____ | produção _____ | área _____ | produtividade _____ |
| 6.2. Cultivo _____ | produção _____ | área _____ | produtividade _____ |
| 6.3. Cultivo _____ | produção _____ | área _____ | produtividade _____ |
| 6.4. Cultivo _____ | produção _____ | área _____ | produtividade _____ |
| 6.5. Cultivo _____ | produção _____ | área _____ | produtividade _____ |
| 6.6. Cultivo _____ | produção _____ | área _____ | produtividade _____ |

- 6.7. Área de pastejo: não tem abandonada conservada
- 6.8. Florestamento/mata nativa não tem <25% da área 25% da área > 25% da área

b) Variável Animais de Trabalho

- 7.1. Bois: tem não tem
- 7.2. Cavalos: tem não tem
- 7.3. Muares: tem não tem
- 7.4. Jumentos: tem não tem

c) Variável Animais de Produção

- 8.1. Garrotes: tem não tem
- 8.2. Vacas: tem não tem
- 8.3. Aves: tem não tem
- 8.4. Bodes / carneiros: tem não tem
- 8.5. Ovelhas: tem não tem
- 8.6. Cabras: tem não tem
- 8.7. Porcos: tem não tem
- 8.8. Peixes: tem não tem

d) Variável Verticalização

- 9.1 Matéria prima processada/melhorada na propriedade sim qual fonte
- 9.2 Matéria prima processada/melhorada na propriedade sim qual fonte
- 9.3 Matéria prima processada/melhorada na propriedade sim qual fonte

e) Variável Comercialização, Crédito e Rendimento

- 10.1 Venda da produção agrícola: não faz atravessador varejista cooperativa agroindústria consumidor
- 10.2 Venda da produção pecuária: não faz atravessador varejista cooperativa agroindústria consumidor
- 10.3 Venda da produção verticalizada: não faz atravessador varejista cooperativa agroindústria consumidor
- 10.4 Fonte principal de crédito: não tem agiota banco particular cooperativa banco oficial
- 10.5 Renda bruta aproximada da propriedade por ano(R\$)
- 10.6 Outras rendas(R\$) Qual
- 10.7 Renda total(R\$)

B. Fator Tecnológico

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

D. Fator Susceptibilidade às Estiagens

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 _____

b) Variável Produção

- 14.1 Orientação técnica para as secas: tem não tem
- 14.2 Pecuária: não explora explora raças não adaptadas explora raças adaptadas
- 14.3 Agricultura de sequeiro: não faz faz sempre faz com chuvas suficientes
- 14.4 Cultivo de vazantes: não faz faz ocasionalmente faz sempre Espécies _____
- 14.5 Irrigação: não faz faz ocasionalmente faz sempre Espécies _____ Método _____

c) Variável Manejo da Caatinga

- 15.1 não faz faz ocasionalmente faz sempre Como _____

d) Variável Exploração de Espécies Nativas

16.1 faz sem replantio __ não faz __ faz com replantio __ Espécies/Finalidades _____

e) Variável Armazenamento

17.1 Alimentação humana: não faz __ faz (estoque para um ano) __ faz (para mais de um ano) __
Forma _____

17.2 Armazenamento da alimentação animal: não faz __ faz (estoque para um ano) __ faz (para mais de um ano) __
Forma _____

f) Variável Redução do Rebanho

18.1 não faz __ faz antes das estiagens __ faz durante as estiagens __
Critérios de descarte _____

g) Variável Observação das Previsões De Chuvas

19.1 não faz __ faz pela experiência __ faz por instituições __
Quais _____

h) Variável Ocupação nas Estiagens

20.1 abandona a terra __ frentes de emergência __ presta serviços a outros produtores __
se mantém na atividade __

j) Variável Educação

21.1 Disciplinas contextuais no ensino básico: não possui __ até a 4ª série __ da 5ª à 8ª série __ em todas
Qual (is) _____

21.2 Disciplinas contextuais no ensino médio: não possui __ possui em uma série __ mais de uma série __

l) Variável Administração Rural

22.1 Planejamento da produção: não faz __ faz empiricamente __ acompanhamento técnico __

22.2 Oferta contínua dos produtos: não __ sim __ por que _____
não comercializa __ comercializa o excedente __ produz para comercialização __

22.3 Fontes de renda: exclusivamente da propriedade __ outras _____



ASSOCIAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA ERNESTO LUIZ DE OLIVEIRA JUNIOR - ATECEL

Apoio à Pesquisa e Extensão na Universidade Federal da Paraíba

Projeto: Gestão de Riscos de Desastres ENOS na América Latina: Uma Proposta para a Consolidação de uma Rede Regional de Pesquisa Comparativa, Informação e Capacitação desde uma Perspectiva Social
Convênio UFPB-ATECEL/ITDG-LARED/IAI



Universidade
Federal da
Paraíba



Intermediate
Technology
Development
Group



Red de Estudios
Sociales en
Prevención de
Desastres en
América Latina



Interamerican
Institute

CERTIFICADO

Certificamos, que *Célia Maria Rufino* participou do Treinamento em **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E SÓCIO-ECONÔMICO DOS PRODUTORES RURAIS DO MUNICÍPIO DE SOUSA, ESTADO DA PARAÍBA** realizado no Posto de Assistência Médica da Secretaria da Saúde do Município de Sousa, no dia 03 de agosto de 2001, perfazendo o total de 8 horas/aula.

Campina Grande, 15 de agosto de 2001

Prof^o. Dr. Marx Prestes Barbosa
Carvalho
Coordenador Brasileiro

Prof^o. Dr. João Batista Queiróz
Diretor Presidente da ATECEL

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) _____

Sugestões para a problemática "seca"

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 _____

Exploração de Minérios

Sim _____ Tipo _____ Qual(is) minérios _____ Não _____

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E SÓCIO-ECONÔMICO DOS PRODUTORES RURAIS DOS MUNICÍPIOS DE SOUSA, SUMÉ E PICUÍ, ESTADO DA PARAÍBA

PROGRAMA

- **O Projeto “Gestão de Riscos de Desastre ENOS na América Latina: Uma Proposta para a Consolidação de uma Rede Regional de Pesquisa Comparativa, Informação e Capacitação desde uma Perspectiva Social” – CONVÊNIO UFPB-ATECEL/ITDG-LARED/IAI**
 - ◆ Tutor: Prof. João Miguel de Moraes Neto
 - ☐ Apresentação dos objetivos do trabalho. La RED. Aspectos sociais e geo-econômicos-ambientais da região Cariri, Curimataú e Sertão Paraibano. O desastre seca: causas e efeitos. O evento ENOS: causas e os riscos a desastre.

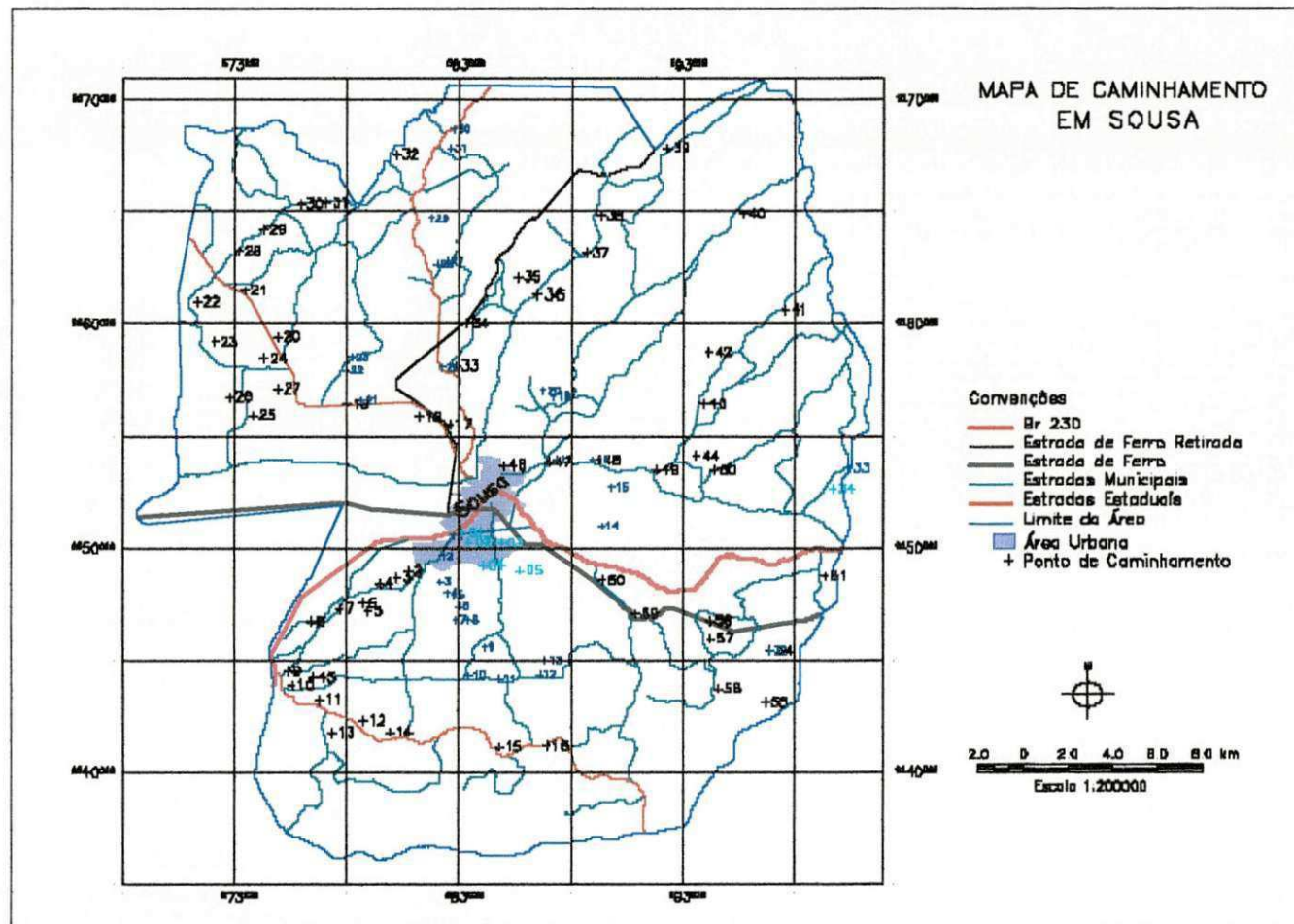
- **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E SÓCIO-ECONÔMICO – Questionário**
 - ◆ Tutor: Prof. João Miguel de Moraes Neto
 - ☐ Estudo do questionário. Fatores a pesquisar: Social, Econômico, Tecnológico, Vulnerabilidade às Secas e Migração. Aplicação no Município de Sousa, Sumé e Picuí.

- **Considerações finais**
 - ◆ Tutor: Prof. João Miguel de Moraes Neto
 - ☐ Discussão das Dúvidas e Apresentação de Soluções

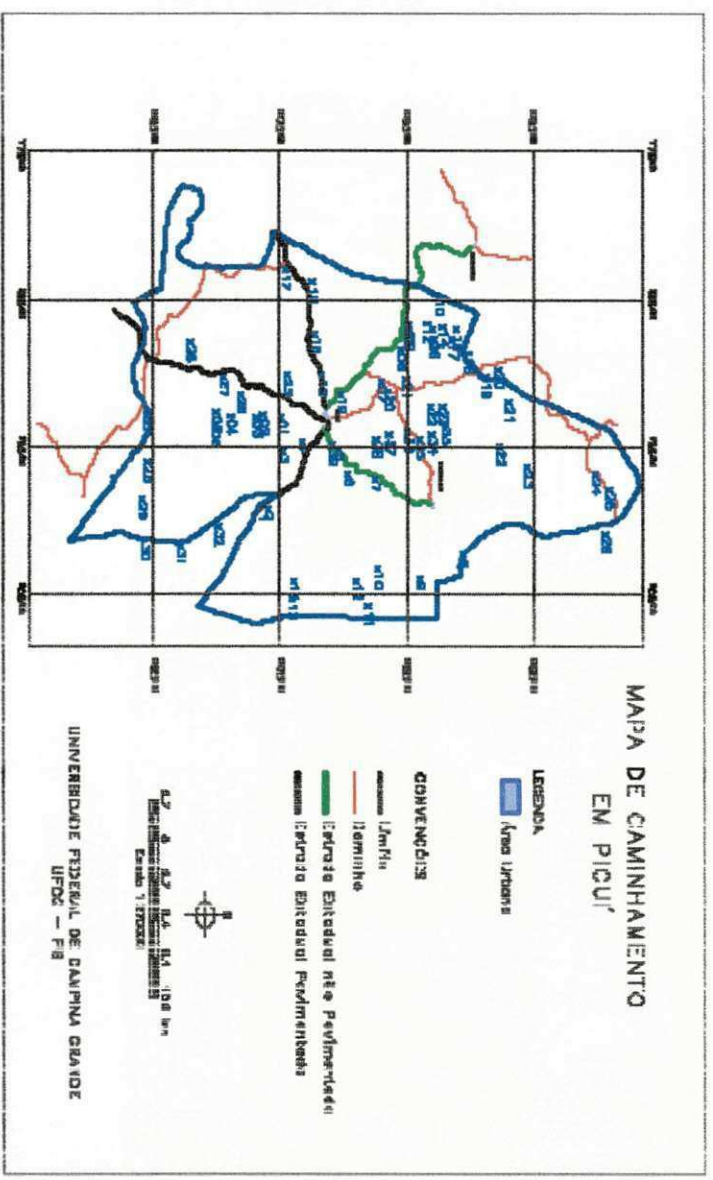
ANEXO – 3**Pluviometria – Picuí, Sousa, Paraíba e Sumé**

ANO	PICUÍ	SOUSA	PARAÍBA	SUMÉ
1970	127,3	684,8	575,4	542,9
1971	460,3	1466,6	794,9	653,7
1972	400	936,2	682,2	195,6
1973	321	1034,8	706,3	729,9
1974	900	1595,2	1225,1	1210,1
1975	-	845,1	844,7	566,8
1976	-	831,3	593,8	9,3
1977	-	1401,2	966,8	159,5
1978	-	877,5	803,7	-
1979	158,9	832,7	575,6	324,8
1980	169	771,9	558,3	269,0
1981	462	825,5	632,6	84,4
1982	183	740,0	487,9	357,5
1983	120,5	530,2	391,6	172,2
1984	328,9	940,5	775,9	667,7
1985	915,5	1670,6	1431,8	1202,7
1986	645,9	-	945,7	891,8
1987	414,5	-	555,9	515,8
1988	430,8	939,2	701,6	431,9
1989	388,7	1205,0	916,4	852,6
1990	161,5	441,8	404,9	259,7
1991	292,5	831,1	539,3	590,1
1992	384,5	813,5	592,2	469,1
1993	93	633,4	283,3	171,4
1994	500,4	1064,4	906,2	551,0
1995	421,4	1016,6	664,4	487,0
1996	533,5	1224,8	840,4	624,7
1997	355	852,7	771,6	622,0
1998	63,8	457,9	500,1	243,4
1999	334	898,0	601,1	297,8
2000.	520,8	1164,7	1099,5	809,3

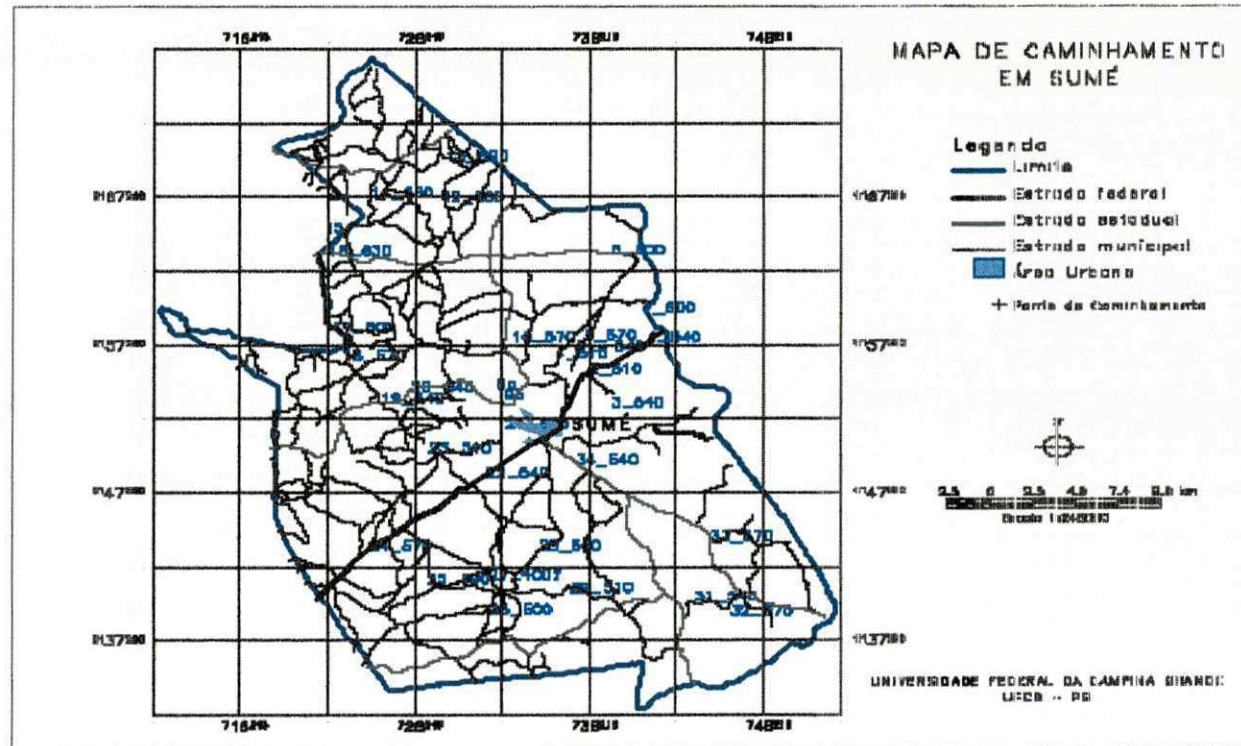
Fonte – LMRS (2001).



ANEXO 4



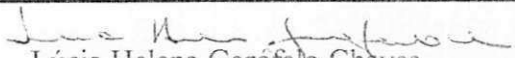
ANEXOS



ANEXO 6

1ª Viagem

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE -PB		Interessado: João Miguel Propriedade: -- Localidade: -- Sousa N. Amostra: Amostra: 1, 2, 3,4 Data: 20.12.2001		
ANÁLISE DE SOLO				
Características Químicas	Profundidade (cm)			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
Cálcio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Magnésio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Sódio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Potássio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
S (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Hidrogênio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Alumínio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
T (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Carbonato de Cálcio Qualitativo	--	--	--	--
Carbono Orgânico %	--	--	--	--
Matéria Orgânica %	--	--	--	--
Nitrogênio %	--	--	--	--
Fósforo Assimilável mg / 100g	--	--	--	--
pH H ₂ O (1:2,5)	--	--	--	--
pH KCl (1:2,5)	--	--	--	--
Condutividade Elétrica - mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	--	--	--	--
pH (Estrato de Saturação)	7,81	8,97	7,72	6,46
Condutividade Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)	23,20	5,10	0,94	17,00
Cloreto (meq/l)	247,50	40,75	1,25	172,50
Carbonato (meq/l)	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (meq/l)	2,00	10,50	7,90	1,00
Sulfato (meq/l)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Cálcio (meq/l)	63,50	1,25	1,37	25,00
Magnésio (meq/l)	65,37	2,25	4,88	36,25
Potássio (meq/l)	2,75	0,61	0,97	0,42
Sódio (meq/l)	269,96	63,96	2,96	19,96
Porcentagem de Saturação	27,00	23,00	26,00	30,00
Relação de Adsorção de Sódio	33,62	48,45	1,67	3,61
PSI	32,65	41,29	1,19	3,90
Salinidade	Muito Forte	Média	Não Salino	Muito Forte
Classe do Solo	Salino Sódico	Salino Sódico	Não Salino	Salino



 Lúcia Helena Garófalo Chaves
 Chefe do LIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE
CAMPINA GRANDE - PB

Interessado: João Miguel
Propriedade: --
Localidade: -- SERRA
N. Amostra: Amostra: 5, 6, 7,8
Data: 20.12.2001

ANÁLISE DE SOLO

Características Químicas	Profundidade (cm)			
	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8
Cálcio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Magnésio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Sódio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Potássio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
S (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Hidrogênio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Alumínio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
T (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Carbonato de Cálcio Qualitativo	--	--	--	--
Carbono Orgânico %	--	--	--	--
Matéria Orgânica %	--	--	--	--
Nitrogênio %	--	--	--	--
Fósforo Assimilável mg / 100g	--	--	--	--
pH H ₂ O (1:2,5)	--	--	--	--
pH KCl (1:2,5)	--	--	--	--
Condutividade Elétrica - mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	--	--	--	--
pH (Estrato de Saturação)	10,27	5,86	5,96	8,86
Condutividade Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)	6,00	0,67	0,29	2,08
Cloreto (meq/l)	32,50	4,50	1,25	5,00
Carbonato (meq/l)	1,40	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (meq/l)	24,30	2,20	0,80	16,80
Sulfato (meq/l)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Cálcio (meq/l)	1,37	0,50	0,37	0,75
Magnésio (meq/l)	2,38	2,00	1,13	2,25
Potássio (meq/l)	0,18	0,22	0,32	0,44
Sódio (meq/l)	79,96	4,26	1,46	18,96
Porcentagem de Saturação	24,67	22,00	25,00	22,67
Relação de Adsorção de Sódio	59,67	3,80	1,68	15,54
PSI	46,64	4,17	1,20	17,75
Salinidade	Média	Não Salino	Não Salino	Ligeira
Classe do Solo	Salino Sódico	Normal	Normal	Sódico

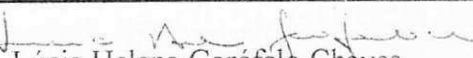

Lúcia Helena Garófalo Chaves
Chefe do LIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE
CAMPINA GRANDE - PB

Interessado: João Miguel
Propriedade: --
Localidade: -- SCS-17
N. Amostra: Amostra: 13, 14, 15, 16
Data: 20.12.2001

ANÁLISE DE SOLO

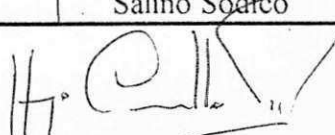
Características Químicas	Profundidade (cm)			
	Amostra 13	Amostra 14	Amostra 15	Amostra 16
Cálcio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Magnésio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Sódio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Potássio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
S (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Hidrogênio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Alumínio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
T (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Carbonato de Cálcio Qualitativo	--	--	--	--
Carbono Orgânico %	--	--	--	--
Matéria Orgânica %	--	--	--	--
Nitrogênio %	--	--	--	--
Fósforo Assimilável mg / 100g	--	--	--	--
pH H ₂ O (1:2,5)	--	--	--	--
pH KCl (1:2,5)	--	--	--	--
Condutividade Elétrica - mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	--	--	--	--
pH (Estrato de Saturação)	8,45	7,22	6,84	6,09
Condutividade Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)	4,45	1,40	3,45	1,53
Cloreto (meq/l)	32,50	7,50	30,00	9,50
Carbonato (meq/l)	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (meq/l)	4,50	7,50	2,40	2,10
Sulfato (meq/l)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Cálcio (meq/l)	1,25	0,75	2,50	3,00
Magnésio (meq/l)	2,50	1,87	6,25	5,50
Potássio (meq/l)	0,44	0,58	0,22	0,32
Sódio (meq/l)	47,96	9,86	32,96	6,36
Porcentagem de Saturação	28,00	32,67	31,33	34,00
Relação de Adsorção de Sódio	35,79	8,65	15,77	3,09
PSI	33,83	10,36	18,03	3,20
Salinidade	Média	Não Salino	Ligeira	Não Salino
Classe do Solo	Salino Sódico	Normal	Sódico	Normal


Lúcia Helena Garófalo Chaves
Chefe do LIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINAGRANDE CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE - PB	Interessado: Marx Prestes Barbosa Propriedade: Amostra 12 Localidade: Sousa-PB N. Amostra: 25025 Data: 23.10.2002
---	---

ANÁLISE DE SOLO


Características Químicas	Profundidade (cm)			
	--	--	--	--
Cálcio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Magnésio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Sódio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Potássio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
S (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Hidrogênio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Alumínio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
T (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Carbonato de Cálcio Qualitativo	--	--	--	--
Carbono Orgânico %	--	--	--	--
Matéria Orgânica %	--	--	--	--
Nitrogênio %	--	--	--	--
Fósforo Assimilável mg / 100g	--	--	--	--
pH H ₂ O (1:2,5)	--	--	--	--
pH KCl (1:2,5)	--	--	--	--
Condutividade Elétrica - mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	--	--	--	--
pH (Estrato de Saturação)	10,43	--	--	--
Condutividade Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)	13,95	--	--	--
Cloreto (meq/l)	10,00	--	--	--
Carbonato (meq/l)	10,10	--	--	--
Bicarbonato (meq/l)	93,95	--	--	--
Sulfato (meq/l)	Presença	--	--	--
Cálcio (meq/l)	0,37	--	--	--
Magnésio (meq/l)	0,88	--	--	--
Potássio (meq/l)	0,56	--	--	--
Sódio (meq/l)	232,77	--	--	--
Percentagem de Saturação	28,66	--	--	--
Relação de Adsorção de Sódio	294,64	--	--	--
PSI	81,30	--	--	--
Salinidade	Fortemente Salino	--	--	--
Classe do Solo	Salino Sódico	--	--	--


 Hugo Orlando Carvallo Guerra
 Chefe do LIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINAGRANDE CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE - PB	Interessado: Marx Prestes Barbosa Propriedade: Amostra 11 Localidade: Sousa-PB N. Amostra: 25024 Data: 23.10.2002
---	---

ANÁLISE DE SOLO

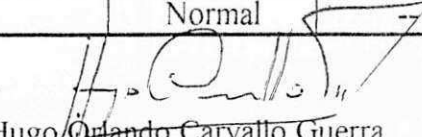
Características Químicas	Profundidade (cm)			
	--	--	--	--
Cálcio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Magnésio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Sódio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Potássio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
S (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Hidrogênio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Alumínio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
T (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Carbonato de Cálcio Qualitativo	--	--	--	--
Carbono Orgânico %	--	--	--	--
Matéria Orgânica %	--	--	--	--
Nitrogênio %	--	--	--	--
Fósforo Assimilável mg / 100g	--	--	--	--
pH H ₂ O (1:2,5)	--	--	--	--
pH KCl (1:2,5)	--	--	--	--
Condutividade Elétrica- mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	--	--	--	--
pH (Estrato de Saturação)	6,03	--	--	--
Condutividade Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)	6,69	--	--	--
Cloreto (meq/l)	61,50	--	--	--
Carbonato (meq/l)	0,00	--	--	--
Bicarbonato (meq/l)	3,00	--	--	--
Sulfato (meq/l)	Ausência	--	--	--
Cálcio (meq/l)	8,75	--	--	--
Magnésio (meq/l)	13,75	--	--	--
Potássio (meq/l)	0,32	--	--	--
Sódio (meq/l)	48,47	--	--	--
Percentagem de Saturação	30,00	--	--	--
Relação de Adsorção de Sódio	14,47	--	--	--
PSI	16,73	--	--	--
Salinidade	Média	--	--	--
Classe do Solo	Salino Sódico	--	--	--


 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: Marx Prestes Barbosa Propriedade: Amostra 10 Localidade: Sousa-PB N. Amostra: 25023 Data: 23.10.2002
--	---

ANÁLISE DE SOLO

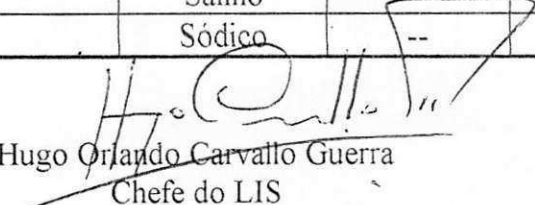
Características Químicas	Profundidade (cm)			
	--	--	--	--
Cálcio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Magnésio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Sódio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Potássio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
S (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Hidrogênio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Alumínio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
T (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Carbonato de Cálcio Qualitativo	--	--	--	--
Carbono Orgânico %	--	--	--	--
Matéria Orgânica %	--	--	--	--
Nitrogênio %	--	--	--	--
Fósforo Assimilável mg / 100g	--	--	--	--
pH H ₂ O (1:2,5)	--	--	--	--
pH KCl (1:2,5)	--	--	--	--
Condutividade Elétrica - mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	--	--	--	--
pH (Estrato de Saturação)	4,28	--	--	--
Condutividade Elétrica - mmhos/cm (Extrato de Saturação)	2,97	--	--	--
Cloreto (meq/l)	26,25	--	--	--
Carbonato (meq/l)	0,00	--	--	--
Bicarbonato (meq/l)	2,60	--	--	--
Sulfato (meq/l)	Ausência	--	--	--
Cálcio (meq/l)	3,75	--	--	--
Magnésio (meq/l)	10,00	--	--	--
Potássio (meq/l)	0,52	--	--	--
Sódio (meq/l)	17,43	--	--	--
Percentagem de Saturação	27,00	--	--	--
Relação de Adsorção de Sódio	6,65	--	--	--
PSI	7,91	--	--	--
Salinidade	Ligeiramente Salino	--	--	--
Classe do Solo	Normal	--	--	--


 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: Marx Prestes Barbosa Propriedade: Amostra 03 Localidade: Sousa-PB N. Amostra: 25016 Data: 23.10.2002
--	---

ANÁLISE DE SOLO

Características Químicas	Profundidade (cm)			
	--	--	--	--
Cálcio (meq/100g de solo).	--	--	--	--
Magnésio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Sódio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Potássio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
S (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Hidrogênio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Alumínio (meq/100g de solo)	--	--	--	--
T (meq/100g de solo)	--	--	--	--
Carbonato de Cálcio Qualitativo	--	--	--	--
Carbono Orgânico %	--	--	--	--
Matéria Orgânica %	--	--	--	--
Nitrogênio %	--	--	--	--
Fósforo Assimilável mg / 100g	--	--	--	--
pH H ₂ O (1:2,5)	--	--	--	--
pH KCl (1:2,5)	--	--	--	--
Condutividade Elétrica - mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	--	--	--	--
pH (Estrato de Saturação)	8,91	--	--	--
Condutividade Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)	2,07	--	--	--
Cloreto (meq/l)	12,50	--	--	--
Carbonato (meq/l)	0,00	--	--	--
Bicarbonato (meq/l)	6,50	--	--	--
Sulfato (meq/l)	Ausência	--	--	--
Cálcio (meq/l)	0,50	--	--	--
Magnésio (meq/l)	2,00	--	--	--
Potássio (meq/l)	0,26	--	--	--
Sódio (meq/l)	17,43	--	--	--
Porcentagem de Saturação	23,66	--	--	--
Relação de Adsorção de Sódio	15,56	--	--	--
PSI	17,54	--	--	--
Salinidade	Ligeiramente Salino	--	--	--
Classe do Solo	Sódico	--	--	--


 Hugo Orlando Carvalho Guerra
 Chefe do LIS