

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

APLICAÇÃO DE DADOS DE SENSORES REMOTOS DE BAIXA  
RESOLUÇÃO ESPACIAL, NA PESQUISA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA:  
BACIA DO RIO DO PEIXE E ADJACÊNCIAS (PB, CE E RN).

FLORISVALDO XAVIER GUEDES

CAMPINA GRANDE

JANEIRO - 1993

APLICAÇÃO DE DADOS DE SENSORES REMOTOS DE BAIXA  
RESOLUÇÃO ESPACIAL, NA PESQUISA DE AGUA SUBTERRÂNEA:  
BACIA DO RIO DO PEIXE E ADJACÊNCIAS (PB, CE E RN).

Dissertação apresentada ao curso  
de MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL  
da Universidade Federal da  
Paraíba, em cumprimento as  
exigências para obtenção do Grau  
de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS

ORIENTADORES: MARX PRESTES BARBOSA

JOSÉ DO PATROCÍNIO T. ALBUQUERQUE

CAMPINA GRANDE - 1993



G924a

Guedes, Florisvaldo Xavier

Aplicacao de dados de sensores remotos de baixa resolucao espacial, na pesquisa de agua subterranea : bacia do Rio do Peixe e adjacencias (PB, CE e RN) / Florisvaldo Xavier Guedes. - Campina Grande, 1993.  
93 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.

1. Aguas Subterraneas 2. Sensoreamento Remoto 3. Recursos Hidricos - 4. Bacia Sedimentar - 5. Hidrogeologia 6. Dissertacao I. Barbosa, Marx prestes II. Albuquerque, Jose do Patrocinio T. III. Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) IV. Título

CDU 556.32(043)

FLORISVALDO XAVIER GUEDES

APLICAÇÃO DE DADO DE SENSORES REMOTOS DE BAIXA  
RESOLUÇÃO ESPACIAL, NA PESQUISA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA:  
BACIA DO RIO DO FORTALEZA E ADJACÊNCIAS (PERNAMBUCO E RIO GRANDE DO NORTE).

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 15/01/1993

-----  
MARIA PRESTES BARBOSA

Orientador

-----  
MARIA JOSÉ DOS SANTOS

Componente da Banca

  
-----  
RAMON SÉRGIO SANTOS GÓIS

Componente da Banca

UFPA - PINA GRANDE

JANEIRO - 1993

DEDICATÓRIA

A

Francisco de Morais Guedes e

Rony Xavier Guedes, meus pais.

---

## AGRADECIMENTOS

"A Deus, acima de tudo e de todos, fonte infinita de sabedoria".

Ao Prof. Dr. Marx Prestes Barbosa, pelo apoio, atenção, dedicação, sugestões e objetividade na orientação prestada em todas as fases da elaboração deste trabalho.

Ao Prof. M.Sc. José do Patrocínio Tomaz Albuquerque, pelo incentivo, além da valiosa orientação e sugestões no desenvolvimento do trabalho.

A Prof<sup>a</sup> Maria José dos Santos, pelo apoio, atenção, sugestões, empenho, carinho, dedicação e confiança em todas as etapas de realização do trabalho.

Ao Prof. Jorge Luis Beja, Diretor do CCT (Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba - Campus II), pelo apoio financeiro para a realização do trabalho de campo.

A UFPB (Universidade Federal da Paraíba) - Campus II, através do Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto de Campina Grande (LASR-CG), que gerou as facilidades técnicas e apoio material e financeiro durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

A CDRM (Companhia de Desenvolvimento dos Recursos Minerais do Estado da Paraíba), nas pessoas do Dr. José Aderaldo Medeiros Ferreira, (Diretor-Presidente), do Dr. José Maria de Almeida Barreto, (Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Sondagem) e do Geólogo José Fernandes Leite, pelo apoio e facilidades oferecidas na realização deste trabalho.

A SAIA-PB (Secretaria de Agricultura, Irrigação e Abastecimento do Estado da Paraíba), nas pessoas do Dr. Miguel Barreiro Neto (Secretário) e do Dr. Rubens Germano (Coordenador de Irrigação), pela ajuda financeira para o trabalho de campo.

Aos irmãos Fátima, Socorro, Flávio, Flaviano, Flodoaldo, Iêda e Fábio, pela amizade, incentivo e apoio.

Ao Engenheiro José Eustáquio Rangel de Queiroz, pela orientação prestada na fase de redação deste material.

A CAPES, pelo apoio financeiro durante 30 meses

A Coordenação-professores, alunos e funcionário do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, do Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto do Estado da Paraíba e do Laboratório de Hidráulica, pela oportunidade, apoio, contribuição científica e amizade.

Ao desenhista Davi Oliveira dos Santos, pela paciência e dedicação na confecção dos mapas.

E a todos que direta e indiretamente colaboraram na condução e na realização do presente trabalho.

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1.1 - Localização da área de estudo .....	04
FIGURA 3.1 - Propriedades que caracterizam as formas da drenagem e do relevo .....	29
FIGURA 3.2 - Drenagem fracamente assimétrica "A", Drenagem fortemente assimétrica "B" .....	34
FIGURA 3.3 - O plano de declividade estrutural (zona homóloga (A) forma um ângulo baixo com a linha horizontal (h), pois o relevo é fortemente assimétrico .....	35
FIGURA 3.4 - Exemplo de assimetria de drenagem e de relevo na região a W São José da Lagoa Tapada (a - plano; b - em perfil; c - em bloco, diagrama esquemático) .....	36
FIGURA 3.5 - Exemplo esquemático de delimitação de áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea ...	38
FIGURA 4.1 - Características espectrais das principais fontes de energia eletromagnética (sol e terra, da transmitância atmosférica e faixas de atuação dos sistemas sensores) .....	43
FIGURA 4.2 - Curvas típicas da reflectância espectral para os principais alvos da superfície terrestre: solo, água e vegetação .....	45



FIGURA 5.1 - Mapa de eixos dos máximos de frequência de fraturas e das unidades litoestratigráficas fotointerpretadas a partir das imagens TM/LANDSAT e de RADAR .....	56
FIGURA 5.2 - Mapa de eixos dos máximos de frequência de fraturas. Bacia do Rio do Peixe: (A) - sub-bacia de Brejo das Freiras; (B) - sub-bacia de Sousa; (C) - sub-bacia de Pombal .....	62
FIGURA 5.3 - Representação do modelo de zona de cisalhamento de RIEDEL .....	79
FIGURA 5.4 - Sistema de fraturas na zona de cisalhamento .	80
FIGURA 5.5 - Sistema de falhas do Nordeste .....	81

## LISTA DE TABELAS

	pág.
TABELA 2.1 - Tabela estratigráfica Geral do PréCambriano no Estado da Paraíba .....	11
TABELA 3.1 - Principais características dos produtos fotográficos .....	24
TABELA 3.2 - Estruturas e combinações segundo ordem de Prioridade .....	39
TABELA 5.1 - Relação entre as direções de foliação das ro- chas do embasamento cristalino e as direções de esforços definidas na área de estudo .....	50
TABELA 5.2 - Características fotomórficas das unidades geológicas nas imagens TM/LANDSAT e de RARAR	53
TABELA 5.3 - Relação entre as direções de acamamento das unidades da sequência Rio do Peixe e as direções de esforços definidas na área de estudo .....	58
TABELA 5.4 - Quantidade e frequência de ocorrência de fraturas (imagem/campo) .....	69

## LISTA DE FOTOS

	Pág.
FOTO 1. Afloramento de migmatitos intensamente fraturados, região de Uiraúna (PB) .....	50
FOTO 2. Afloramento de migmatitos fraturados e dobrados. Região a oeste de São Gonçalo, em zona de contato com a Bacia do Rio do Peixe .....	51
FOTO 3. ASPECTOS DE RELEVO DO Embasamento Cristalino, vistos da barragem do Açude São Gonçalo para sul .....	52

## SUMÁRIO

	Pág.
DEDICATÓRIA .....	i
AGRADECIMENTOS .....	ii
LISTA DE FIGURAS .....	iv
LISTA DE TABELAS .....	vi
LISTA DE FOTOS .....	vii
RESUMO .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
TÍTULO 1	
INTRODUÇÃO .....	01
1.1. APRESENTAÇÃO .....	01
1.2. OBJETIVO .....	02
1.3. METAS .....	02
1.4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	03
CAPÍTULO 2	
CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	05
2.1. CLIMA .....	05
2.2. RELEVO .....	06
2.3. VEGETAÇÃO .....	06
2.4. SOLOS .....	07
2.5. GEOLOGIA .....	09
2.5.1. Pré-Cambriano Indiviso .....	09
2.5.2. Mesozóico .....	10

	Pág.
2.5.3. Quaternário .....	15
2.6. ASPECTOS GEOTECTÔNICOS .....	15
2.7. RECURSOS HÍDRICOS .....	16
2.7.1. Hidrologia Superficial .....	16
2.7.2. Hidrologia Subterrânea .....	18
2.7.2.1. Sistema Cristalino .....	18
2.7.2.2. Sistema Rio do Peixe .....	19
2.8. ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS .....	20
 TÍTULO 3	
MATERIAIS E MÉTODOS .....	23
3.1. MATERIAIS .....	23
3.1.1. Bibliografia .....	23
3.1.2. Produtos de Sensoriamento Remoto .....	23
3.1.3. Folhas Topográficas .....	25
3.2. MÉTODOS .....	25
3.2.1. Método de Fotointerpretação .....	25
3.2.1.1. Métodos das Chaves Interpretativas ..	25
3.2.1.2. Processo Fotointerpretativo .....	26
3.2.2. Trabalho de Campo .....	28
3.3. ANÁLISE DE FRATURAMENTO .....	30
3.3.1. Feixes de Fraturas .....	32
3.3.2. Análise Quatitativa dos Fotolineamentos .....	32
3.3.3. Análise Qualitativa dos Fotolineamentos .....	33
3.3.4. Análise da Assimetria da Rede de Drenagem e de Relevo .....	33
3.4. DADOS DE POÇOS .....	35

	Pág.
3.5. ÁREAS FAVORÁVEIS A PESQUISA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	37
3.5.1. Área Cristalina .....	37
3.5.2. Área Sedimentar .....	40
3.6. MAPA INTEGRADO .....	42
 CAPÍTULO 4	
CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO UTILIZADOS .....	43
4.1. DADOS FUNDAMENTAIS .....	43
4.1.1. Imagens TM/LANDSAT .....	46
4.1.2. Imagens de RADAR .....	48
 TÍTULO 5	
RESULTADOS .....	49
5.1. GEOLOGIA .....	49
5.1.1. Pré-Cambriano Indiviso .....	49
5.1.1.1. Características Morfológicas .....	52
5.1.1.2. Características das Tonalidades de Cinza .....	54
5.1.2. Mesozóico .....	54
5.1.2.1. Unidade I .....	55
5.1.2.2. Unidade II .....	55
5.1.2.3. Unidade III .....	55
5.1.3. Quaternário .....	58
5.2. ANÁLISE DE FRATURAMENTOS .....	59
5.2.1. Análise Quantitativa dos Fotolineamentos .....	61
5.2.2. Análise Qualitativa dos Fotolineamentos .....	68

	Pág.
5.2.3. Análise da Assimetria da Rede de Drenagem e de Relevo .....	85
5.2.3.1. Embasament Cristalina .....	86
5.2.3.2. Bacia Sedimentar do Rio do Peixe ....	87
5.3. ÁREAS FAVORÁVEIS A PESQUISA DE AGUA SUBTERRÂNEA .....	89
5.3.1. Elementos Estruturais Abertos .....	90
5.3.1.1. Área Cristalina .....	90
5.3.1.2. Área Sedimentar .....	93
5.3.1.2.1. Sub-bacia de Brejo das Freiras .....	93
5.3.1.2.2. Sub-bacia de Sousa .....	94
5.3.1.2.3. Sub-bacia de Pombal .....	94
5.3.1.3. Áreas com Baixa Potencialidade à Pesquisa de Água Subterrânea .....	95
5.3.1.3.1. Área 1 .....	95
5.3.1.3.2. Área 2 .....	95
5.3.1.3.3. Área 3 .....	96
 CAPÍTULO 6	
CONCLUSÕES .....	99
 CAPÍTULO VII	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	102
 ANEXOS A	
MAPA DE FEIXES DE FRATURAS .....	112

ANEXO B	
MAPA TECTÔNICO .....	114
ANEXO C	
MAPA DA REDE DE DRENAGEM E DE LINHAS DE TENDÊNCIA DE FLUXO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	116
ANEXO D	
MAPA INTEGRADO .....	118
ANEXO E	
DADOS DE ALGUNS POÇOS PERFURADOS NA ÁREA DE ESTUDO .....	120



## RESUMO

A maior parte do território paraibano está inserida numa região de domínio de clima semi-árido, que se caracteriza pela escassez de recursos hídricos. A área da Bacia do Rio do Peixe e os sistemas orográficos adjacentes, constituídos por rochas gnáissicas e graníticas do Embasamento Cristalino, embora economicamente importante para o Estado, ainda não foram avaliados quanto aos seus recursos de água e solo.

O presente trabalho, realizado na escala de 1:250.000, teve como objetivo fazer um levantamento geológico-estrutural com o fim de delimitar áreas mais propícias à pesquisa de água subterrânea. Tanto na área da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe quanto no Embasamento Cristalino foi feito um estudo do fraturamento. Como resultado deste estudo, foram definidas oito direções de esforços, que podem indicar relações genéticas e de idade relativa dos eventos evolutivos da região.

As análises qualitativa e quantitativa mostraram que os falhamentos definidos são contemporâneos, de idade muito antiga e caráter poliativo, que tiveram um papel importante em toda a história evolutiva da região, desde o Précambriano até o Fanerozóico. Além disso, foram identificados dois sistemas de cisalhamento na região. O primeiro, de caráter dextral, paralelo

a subparalelo ao lineamento de Patos, e o segundo, de caráter sinistral, tem direção geral N60°W.

✓ Em relação às áreas mais favoráveis à pesquisa de água subterrânea, estas estão relacionadas a cruzamentos de estruturas abertas, definidas a partir da análise dos sistemas de cisalhamento, como feixes de fraturas e lineamentos. Assim, foram identificadas 28 áreas mais propícias à pesquisa de água subterrânea no Embasamento Cristalino e 8 na Bacia do Rio do Peixe. Verificou-se que a maior parte dessas áreas estão relacionadas com estruturas dispostas segundo as direções N60°E e N35°W. ✓

## ABSTRACT

The greatest part of Paraíba State, placed in the semi-arid region of the Northeast of Brazil, is characterized by water resources scarceness. The region of the Rio do Peixe Basin and adjacent orographic systems, formed by gneissic and granitic rocks of the Crystalline Basement, is not yet evaluated with regard to its water and soil resources, despite its economical significance to this State.

The present work aims a structural geological survey of this region, as well as a later delimitation of the most favourable areas to the ground water research work. Rock fissure study in the Rio do Peixe Sedimentary Basin area and in the Crystalline Basement was accomplished. Eight directions of effort was defined, indicating genetic relationships and relative age of evolutive events. Cartographic results is presented at a scale of 1:250.000.

According to the qualitative and quantitative analysis, the faults defined in this study are contemporary, very old and polyactive featured, wich had an important role in all evolutive history of the region from Precambrian to Phanerozoic. Further two shearing systems was identified in the region. The first, right-handed, is parallel-subparallel to the lineament of Patos.

And the second, left-handed, has the general direction  $N60^{\circ}W$ .

Regarding to the areas most favourable to the ground water research, they are related to opened structures crossings, defined by the shearing systems analysis, such as fracture sheaves and lineaments. So 28 areas most favourable to the ground water investigation at the Crystalline Basement and 8 areas in the Rio do Peixe Basin were identified. Most of these areas are related to structures  $N60^{\circ}E$ - and  $N35^{\circ}W$ -oriented.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. APRESENTAÇÃO

A maior parte do território do Estado da Paraíba está inserida numa região de domínio de clima semi-árido, que se caracteriza pela escassez de recursos hídricos.

A região que engloba a Bacia Sedimentar do Rio do Peixe e os Sistemas Orográficos adjacentes, constituídos por rochas graníticas e gnáissicas do embasamento cristalino, embora economicamente importante para o Estado da Paraíba, até o presente momento não foi avaliada em termos de aproveitamento de seus recursos de água e solo. Para as áreas distantes dos principais cursos de águas naturais e dos grandes reservatórios de águas superficiais, uma das alternativas para o desenvolvimento poderá ser o uso das águas subterrâneas.

O uso de dados de sensores remotos de baixa resolução tem se mostrado uma ferramenta importante em estudos geológicos diversos, tanto para levantamentos tectono-estruturais, como para estudos aplicados à hidrogeologia. Como exemplos, pode-se citar os trabalhos de SAMPAIO (1987) e BARBOSA (1988).

O presente trabalho enfoca os principais resultados obtidos pelo autor na aplicação do sensoriamento remoto no estudo hidrogeológico da Bacia do Rio do Peixe e das áreas adjacentes. A forte componente estrutural do trabalho é evidenciada pelas características dos produtos utilizados, que enfatizam as estruturas lineares decorrentes da tectônica rúptil que afetou a região.

## 1.2. OBJETIVO

Aplicação de uma sistemática de interpretação de dados de sensoriamento remoto a um estudo geológico-estrutural da Bacia do Rio do Peixe e áreas pré-cambrianas adjacentes, visando a determinação de áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea.

## 1.3. METAS

Na execução do presente trabalho, foram atingidas as seguintes metas:

a - confecção do mapa de fotoalinhamentos a partir da análise dos elementos texturais de relevo e de drenagem, e das tonalidades de cinza;

b - confecção do mapa de fotolineamentos a partir da extração dos elementos texturais de relevo e drenagem, sobre o qual são determinadas direções preferenciais de esforços, e as correlações entre os feixes de fraturas;

c - confecção do mapa de eixos de máximos de frequência

de fraturas;

d - confecção do mapa de linhas de tendência de fluxo de água subterrânea, a partir da análise detalhada das propriedades da rede de drenagem, tendo como base os produtos de sensoriamento remoto e as cartas topográficas da SUDENE na escala de 1:100.000, reduzidas para a escala de 1:250.000.

e - confecção de um modelo fotointerpretativo, a partir da fotointerpretação dos produtos de sensoriamento remoto;

f - trabalho de campo para checagem e correção das informações obtidas na fotointerpretação, através da descrição de afloramentos, da coleta de amostras e de medidas detalhadas das fraturas;

g - integração de dados;

h - confecção do mapa de áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea, a partir da integração dos dados dos itens anteriores. Sobre este mapa, foram plotados alguns poços perfurados.

#### 1.4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada na região Nordeste do Brasil (Figura 1.1), entre os meridianos  $37^{\circ}30'$  e  $39^{\circ}00'$  de longitude oeste e os paralelos  $06^{\circ}22'$  e  $07^{\circ}00'$  de latitude sul, totalizando aproximadamente  $12.000 \text{ km}^2$ . Embora esta área englobe partes dos Estados da Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, a

ênfase do presente trabalho é dada ao Estado da Paraíba.

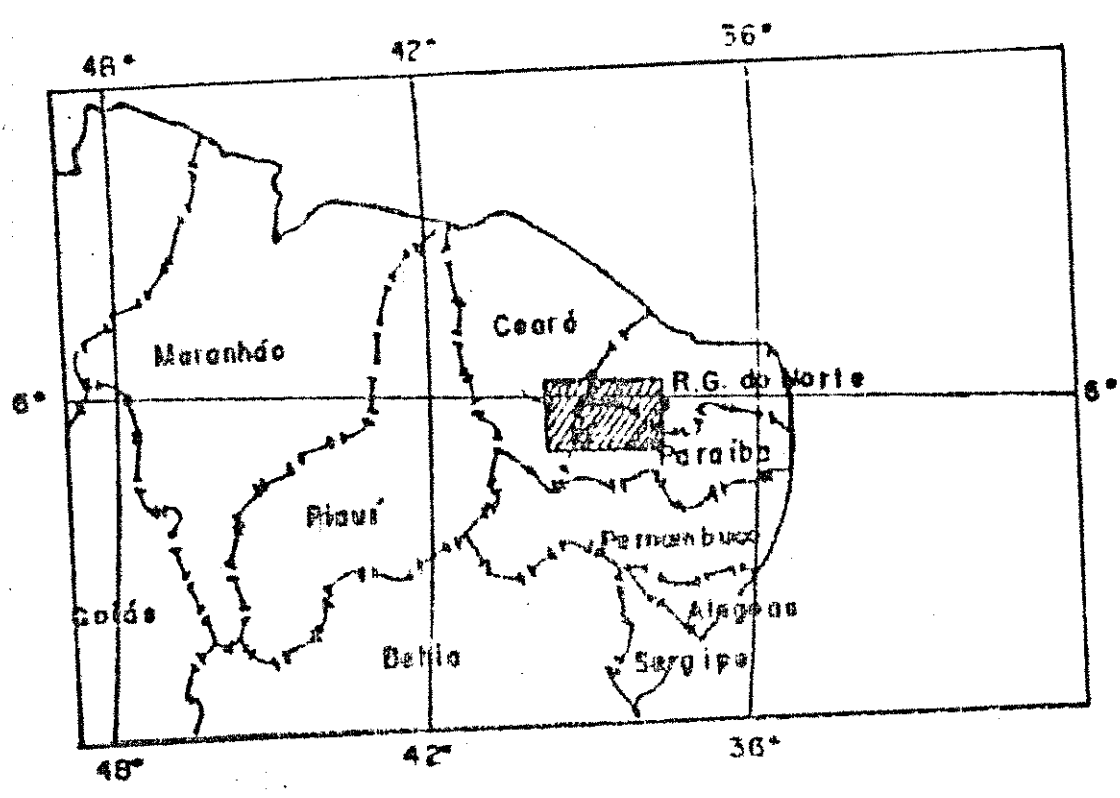


Figura 1.1 - Localização da área de estudo.



## CAPÍTULO 2

### CARACTERÍSTICAS GERAIS

#### 2.1. CLIMA

A região de estudo apresenta um clima semi-árido quente mediano, com 7 a 8 meses secos (NIMER, 1989), e uma má distribuição anual das chuvas, que aliada à temperatura e à evaporação elevada ocasiona problemas sócio-econômicos peculiares ao semi-árido nordestino.

O período das chuvas tem início em janeiro, estendendo-se até maio, sendo que o trimestre mais chuvoso engloba os meses de fevereiro, março e abril. No restante do ano, a região fica sob estiagem prolongada, sendo os meses de agosto, setembro e outubro os mais secos (PARAÍBA, 1975).

A média evaporimétrica na maior parte do ano é superior ao valor precipitado. A evaporação mensal, medida em tanque classe A, apresenta valores máximos em torno de 300,00 mm e mínimos entre 150,00 mm a 200,00mm (PARAÍBA, op. cit.).

Nos meses mais secos, a temperatura média fica em torno de 28°C e nos meses chuvosos ela é próxima a 25°C. A amplitude térmica é sempre inferior a 5°C. A temperatura média anual é de

aproximadamente 27°C (PARAÍBA, op. cit.).

## 2.2. RELEVO

O relevo da região é caracterizado por duas unidades morfológicas:

- A "Baixada de Sousa" (PARAÍBA, op. cit.), que corresponde à Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, com aproximadamente 75 Km de extensão e 20 Km de largura. As cotas mais elevadas variam em torno de 230 metros (BRAUN, 1969);

- Uma unidade morfológica mais ampla, com um relevo mais ondulado até montanhoso, onde a altitude média é de 600 metros (PARAÍBA, op. cit.). Esta unidade é formada pela ocorrência de rochas gnáissicas e/ou graníticas do embasamento cristalino.

## 2.3. VEGETAÇÃO

A vegetação predominante é a caatinga, formações lenhosas e de caráter hiperxerófila, que se caracteriza por apresentar indivíduos adaptados às condições do clima semi-árido (UFPB/INPE/LRCG, 1988).

Estas formações apresentam densidade e porte variável, dependendo das condições ambientais. Em algumas áreas ocorrem formações específicas de indivíduos adaptados às condições particulares como, por exemplo, as formações de carnaúbas.

São componentes comuns da cobertura vegetal as

seguintes espécies: jurema preta, velame, mandacaru, juazeiro, carnaúba, pereiro, mameleiro e macambira, dentre outras.

#### 2.4. SOLOS

Na área de estudo, segundo BRASIL (1972) predominam as seguintes associações de solos:

- V4 - Associação Complexa de: *VERTISSOL* fase caatinga hiperxerófila relevo plano e *SOLONETZ SOLODIZADO* textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano e solos *LITOLICOS EUTRÓFICOS* com A fraco textura indiscriminada fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado substrato arenito folhelho e solos *ALUVIAIS EUTRÓFICOS* textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano.

Ocorre na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe ("Várzea de Sousa") e abrange parte dos municípios de Santa Helena, São João do Rio do Peixe (antigo Antenor Navarro) e Sousa. Estes solos são cultivados com algodão, milho, feijão, cana-de-açúcar e bananeira nos trechos irrigados. A vegetação natural serve de pastagem para a pecuária extensiva (PARAIBA, op. cit.).

- NC1 - Associação de: *BRUNO NÃO CALCICO* fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e solos *LITÓLICOS EUTRÓFICOS* com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado substrato gnaisse e granito.

Esta associação ocorre nos municípios de Bom Sucesso, Cachoeira dos Índios, Cajazeiras, Condado, Nazarezinho, Pombal, São João do Rio do Peixe, São José da Lagoa Tapada, Santa Helena, Sousa, Triunfo e Uiraúna. Apesar de serem relativamente rasos, com muita pedregosidade na superfície, muitas vezes no horizonte  $A_1$ , são cultivados o algodão arbóreo, geralmente consorciado com milho e feijão em pequena escala. A estimativa de aproveitamento deste solo é de 15 a 29% com as culturas supracitadas, sendo o restante ocupado com vegetação nativa, que é aproveitada com a pecuária extensiva (PARAIBA, op. cit.).

- PE5 - Associação de: *PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO* textura argilosa cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado *PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO* raso textura média cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo ondulado e solos *LITÓLICOS EUTRÓFICOS* com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado substrato gnaisse e granito.

Ocorre nos municípios de Bom Sucesso, Jericó, Lagoa, Nazarezinho, Riacho dos Cavalos, Santa Cruz, São João do Rio do Peixe, São José da Lagoa Tapada e Sousa. Estes solos são utilizados principalmente na pecuária extensiva. A própria caatinga serve de pasto aos animais, mormente pelo seu estrato herbáceo. O algodão arbóreo é a principal cultura, vindo a seguir o milho e o feijão. O total cultivado compreende aproximadamente 30% da área (PARAIBA, op. cit.).

## 2.5. GEOLOGIA

A área de estudo está constituída por rochas do Pré-Cambriano Indiviso, rochas sedimentares do Mesozóico da Bacia do Rio do Peixe e aluviões do Quaternário, ao longo dos grandes rios.

### 2.5.1. Pré-Cambriano Indiviso

As principais descrições do Pré-Cambriano no Nordeste, remontam ao início deste século, quando CRANDALL (1910) estabeleceu pela primeira vez um conceito estratigráfico, e com base na litologia, definiu o Complexo Fundamental (gnaisses e xistos cristalinos) e a Série Ceará (xistos argilosos, quartzitos e calcáreos), posteriormente datados como do Paleozóico Inferior. OLIVEIRA (1923) correlacionou a Série Ceará com a Série Minas (DANTAS & CAULA, 1982). EBERT (1962) descreve pela primeira vez o Lineamento de Patos.

Segundo DANTAS & CAULA (op. cit.), o Pré-Cambriano Indiviso do Estado da Paraíba está representados pelo complexos rochosos: Migmatítico-Granitóide, Gnáissico-Migmatítico e por rochas granitóides e gabróides/dioritóides.

Na área de estudo, são encontradas rochas do complexo Gnáissico-Migmatítico, representados por uma variada e complexa associação litológica, onde predominam gnaisses diversos, migmatitos, xistos e rochas graníticas (BRAUN, 1969; DANTAS & CAULA, op. cit.). É a unidade de maior expressão no Estado da Paraíba.

As rochas granitóides e gabróides/dioritóides ocorrem encaixadas no complexo Gnáissico-Migmatítico, mostrando na maior parte das vezes um contato gradativo com as encaixantes (DANTAS & CAULA, op. cit.). A Tabela 2.1 mostra o quadro estratigráfico geral do Pré-Cambriano Paraibano.

#### 2.5.2. Mesozóico

As rochas mesozóicas estão representadas pelo pacote sedimentar da Bacia do Rio do Peixe, de Igautú, Orós e Lima Campos. Devido ao tamanho das três últimas Bacias e a escala do trabalho, estas não foram alvos de estudo da presente pesquisa. Um dos primeiros trabalhos sobre a Bacia do Rio do Peixe é atribuído a CRANDALL (1910), que correlacionou esses sedimentos com as formações cretácicas do Ceará e com os arenitos basais da chapada do Araripe que aflora ao sul de Lavras da Mangabeira (CE). MORAES (1924), identificou sequências alternadas de arenitos arcoseanos e folhelhos passando a denominar os "Sedimentos de Sousa" de CRANDALL de "Série Rio do Peixe".

PINTO (1935) e BOA NOVA (1940) fizeram os primeiros relatos sobre as fontes térmicas de Brejo das Freiras. COSTA (1964) identificou duas formações na Bacia do Rio do Peixe: uma inferior basal, que denominou de Formação Antenor Navarro, composta de arenitos médios a grosseiros conglomerados e outra superior, denominada Formação Sousa, composta por argilitos, folhelhos e siltitos com intercalações de arenitos finos a médios no topo.

TABELA 2.1

## TABELA ESTRATIGRÁFICA GERAL DO PRECÁMBRIANO NO ESTADO DA PARAÍBA

P		
R	Rochas filonianas: sienitos, dacitos, riolitos, pegmatitos, etc.	
E		
C		
A		
M	Granitóides (granitos, granodioritos, tonalitos, monzonitos, sienitos);	
B	Rochas plutônicas:	
R	Gabróides (ultrabásicas serpentinizadas); Dioritóides (quartzo-dioritos)	
I		
A		
N		
O	filitos, xistos de baixo grau metamórfico, metassiltitos,	
S	Grupo Cachoeirinha -	
U	calcários cristalinos e quartzitos.	
P		
E		
R		
I	Formação Seridó - biotita xistos granadíferos	
O		
R		
P		
R	Formação Jucurutú	Micaxistos tipo Carolina;
E	gneisses diversos, calcário cristalino	
C	calcissilicáticas com scheelita	Gnasses e Xistos indiferenciados
A		
M		
B	quartzito muscovítico, quartzito feldspático,	
R	Formação Equador	
I	magnetita sillimanita quartzito e metaconglomerado	
A		
N		
O		
I	Complexo Gnáissico-Migmatítico	gneisses, gnaisses migmatizados, migmatitos, rochas graníticas e afins,
N		gabros; intercalações de calcário cristalino, anfibolitos e leptinitos
D		
I		
V		
I		
S	Complexo Migmatítico-Granitóide-migmatitos oftalmíticos e flebiticos com núcleos graníticos indiferenciados	
O		

FONTE: DANTAS & CAULA (1982).

ALBUQUERQUE (1968) definiu a Formação Rio Piranhas composta de arenitos médios e finos de ocorrência restrita ao sul da cidade de Sousa. BRAUN (1969) distinguiu três unidades litológicas:

- Unidade A - Psamitos<sup>(1)</sup> com psefitos<sup>(2)</sup>;
- Unidade B - Pelitos<sup>(3)</sup> com psamitos;
- Unidade C - Psamitos com psefitos.

#### FORMAÇÃO ANTENOR NAVARRO

Está constituída por sedimentos imaturos mal selecionados, representados por brechas, conglomerados brechóides, com matriz arcoseana grosseira de cor variando do cinza ao róseo em sua base. Para o topo aparecem arenitos grosseiros, com intercalações de siltitos, argilitos e arenitos finos. A sequência termina com arenitos que localmente contêm níveis carbonáticos impuros (COSTA, 1964; CAMPOS et alii, 1979; ALBUQUERQUE, 1984).

A espessura desta formação, segundo CAMPOS et alii (op. cit.), é de 1350 a 750 metros (?) e aparece nas bordas oeste e norte da bacia.

---

(1) psamitos = sedimentos constituídos de grãos iguais aos grãos de areia.

(2) psefitos = sedimentos constituídos de grãos maiores que os grãos de areia

(3) pelitos = sedimentos constituídos de grãos de dimensão do silte e da argila.



## FORMAÇÃO SOUSA

É composta por uma sequência essencialmente pelítica caracterizada por uma sucessão de camadas finas paralelas, de fácies mais argilosas e carbonáticas até arenitos finos e ocasionalmente grosseiros, sendo os níveis fossilíferos comuns nesta formação (COSTA, 1964; CAMPOS et alii, 1979; ALBUQUERQUE, 1984; LIMA FILHO, 1990).

A espessura estimada dessa formação segundo CAMPOS et alii (op. cit.), é de aproximadamente 1200 metros (?) e suas áreas de ocorrência estão localizadas na porção oeste da Bacia e na região compreendida entre a cidade São João do Rio do Peixe e a extremidade leste da bacia.

## FORMAÇÃO RIO PIRANHAS

Está representada na base por arenitos variegados, com a granulação variando de fina a média, calcíferos, com estratificações plano paralelas e cruzadas. São encontradas intercalações de arenitos arcoseanos grosseiros e conglomeráticos, além de frequentes leitões finos de siltitos, argilitos e folhelhos. No topo, há predominância de arenitos conglomeráticos e conglomerados mal selecionados, cimentados por silte e ocasionalmente por argila carbonática. Todo o conjunto superior forma, via de regra, bancos espessos com estratificação cruzada, nos quais intercalam-se leitões de arenitos finos, siltitos, argilitos e folhelhos variegados (ALBUQUERQUE, 1968; CAMPOS et alii, 1979).

Segundo CAMPOS et alii (op. cit.), a espessura máxima é de 320 metros (?) e sua área de ocorrência está restrita à borda sul, na região sudeste de Sousa, margeando o Rio Piranhas.

BRASIL (1970) identificou uma espessura de 990 metros para o pacote sedimentar, no furo estatigráfico de Lagoa do Forno distribuído da seguinte maneira:

- Unidade C  $\cong$  104 m;
- Unidade B  $\cong$  800 m e
- Unidade A  $\cong$  86 m.

MABESDOONE & CAMPANHA (1973/1974), após estudos detalhados, redefiniram a "Série Rio do Peixe" denominando-a "Grupo Rio do Peixe" e subdividiram a Bacia do Rio do Peixe nas sub-bacias de Pombal, Sousa e Brejo das Freiras. DANTAS & CAULA (1982), adotando a compartimentação estrutural de BRAUN (1969), definiram na sub-bacia de Antenor Navarro uma estruturação mais complexa e identificaram dois baixos estruturais limitados por falhas de rejeitos diferenciais pós-sedimentares denominados de Sub-blocos de Antenor Navarro e de Sousa. CANEIRO et alii (1989) denominaram de Sousa/Antenor Navarro a sub-bacia de Sousa e de Triunfo/Brejo das Freiras a sub-bacia de Brejo das Freiras. SRIVASTAVA (1990), denominou de Triunfo a sub-bacia Triunfo/Brejo das Freiras.

BERTHOU (1990) data a instalação da Bacia do Rio do Peixe como Aptiano Superior e possivelmente Albiano Inferior,

época em que os movimentos verticais e de extensão da crosta foram mais acentuadas na região. MABESDONE (1990) considera que os sedimentos da Bacia do Rio do Peixe formaram-se na fase pré-rift/rift, na época Jurássico Superior - Cretácio Inferior (Neocomiano).

Existe uma controvérsia quanto a espessura total dos sedimentos da Bacia do Rio do Peixe, que segundo CAMPOS et alii (op. cit.), varia de 2.270 a 2.770 metros, enquanto que ALBUQUERQUE (1984), baseado nos dados do poço estratigráfico perfurado pelo D.F.P.M., que atingiu o cristalino, faz referência a uma espessura dos sedimentos pouco superior a 1.000 metros.

### 2.5.3. Quaternário

Está representado pelas aluviões, de ocorrência restrita, limitando-se às faixas estreitas dos rios e riachos mais importantes. Sendo compostos desde areias grosseiras e cascalhos até areias finas a médias e areias argilosas (DANTAS & CAULA, 1982; ALBUQUERQUE, 1984; BARBOSA JÚNIOR et alii., 1986).

## 2.6. ASPECTOS GEOTECTÔNICOS

Em termos geotectônicos, a área de estudo localiza-se na região de domínio da Província Borborema (ALMEIDA et alii, 1977), mais precisamente nos limites do Maciço Rio Piranhas (DANTAS & CAULA, 1982), entre os sistemas de dobramento Seridó e Jaguaribe. Segundo BRITO NEVES (1975), o referido maciço constitui um bloco que serviu de antepaís aos sistemas de

dobramentos Jaguaribeano e Seridó, que o margeiam.

Esta província encontra-se segmentada em mosaicos de zonas de cisalhamentos de direções NE e EW, intimamente ligada ao mega sistema Patos-Pernambuco. Segundo FRANÇOLIN & SZATMARI (1987), a região sofreu compressão de direção EW e distensão NS durante a fase pré-rift/rift, ocasionando a formação de numerosas falhas e a reativação de outras. Segundo BRAUN (1969), a Bacia do Rio do Peixe foi originada devido a reativação de falhas de rasgamento pré-cambrianas, por efeito de gravidade. Segundo MATOS (1987), a instalação da Bacia do Rio do Peixe está intimamente relacionada com a reativação da zona de cisalhamento de Patos, e está associada a pontos de inflexão das falhas pré-cambrianas como as falhas de Malta e de Portoalegre. Segundo LIMA FILHO (1990), a parte leste da Bacia do Rio do Peixe teve um maior período de tranquilidade tectônico do que a parte oeste. A alta densidade de traços de fraturas observadas na Bacia do Rio do Peixe nas imagens TM/LANDSAT (ANEXO A), evidencia que as deformações relacionadas com a reativação das zonas de cisalhamentos foram além do ciclo de sedimentação.

## 2.7. RECURSOS HIDRICOS

### 2.7.1. Hidrologia Superficial

A rede de drenagem da região é constituída pelos rios que compõem a Bacia do Rio Piranhas, que drena todo sertão Paraibano. Apresenta em toda sua extensão uma certa uniformidade, com leitos muito largos e pouco profundos. Em alguns trechos, é

regularizado pela ação de barragens, das quais a maior é a do Sistema Coremas/Mãe D'água, com capacidade de acumular  $1,36 \times 10^9 \text{ m}^3$  d'água.

Seus principais afluentes na margem direita são os rios Piancó, Espinharas e Seridó, este último no Estado do Rio Grande do Norte e na margem esquerda o Rio do Peixe e os riachos Jericó, Pascoal, Trapiá e da Onça.

O Rio do Peixe nasce no limite entre os municípios de São João do Rio do Peixe e Uiraúna. Segue duas direções distintas: uma N-S, até o açude Pilões e outra W-E, até Aparecida, no município de Sousa, onde deságua no Rio Piranhas. Trata-se de um rio de regime temporário. O açude mais importante dessa Bacia é o Pilões, localizado entre os municípios de Triunfo e São João do Rio do Peixe. Seus principais afluentes são: o Riacho Jangada, na margem direita e o Rio São Francisco, o Riacho do Retiro e Riacho Chabocão, na margem esquerda.

Nesta área, está localizado o maior perímetro irrigado do semi-árido paraibano (o Perímetro Irrigado de São Gonçalo, com 4.100 ha). No entanto, a área irrigada é insignificante, levando-se em consideração o volume de água armazenado (Paraíba, 1975).

Os açudes mais importantes da área de estudo são: São Gonçalo, Estevam Marinho, Engenheiro Arcoverde, Pilar, Riacho dos Cavalos e Pilões.

## 2.7.2. Hidrologia Subterrânea

### 2.7.2.1. Sistema Cristalino

Em se tratando de terrenos cristalinos, possui uma importância muito grande o estudo de zonas de fraturamentos, como reconheceram em seus trabalhos vários autores, tais como REBOUÇAS(1975) e ALBUQUERQUE(1984).

Segundo ALBUQUERQUE (op. cit), o potencial de água subterrânea do sistema cristalino é mínimo, se não nulo, não podendo ser quantificado ao nível dos conhecimentos atuais. Ainda segundo este autor, as reservas de água subterrânea constituem, na realidade, o único contingente hídrico do sistema cristalino e que a disponibilidade só pode ser analisada a nível de poço.

Para a região de estudo, a área cristalina da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas, segundo ALBUQUERQUE (op. cit.) apresenta uma vazão específica média dos poços perfurados 30% menor do que a média verificada na Bacia do Rio Paraíba. Segundo este mesmo autor, isto parece significar que o fraturamento na Bacia do Rio Paraíba está mais preservado ou é mais aberto e mais interconectado que na do Rio Piranhas.

LARSSON (1977) discorreu sobre a origem das fraturas, concluindo que a quantidade de água armazenada numa fratura depende do tipo e de sua origem. Neste mesmo trabalho, o autor apresenta uma classificação extensa e bastante detalhada das fraturas. Maiores detalhes In: ALBUQUERQUE (1984).

REBOUÇAS (op cit.) reconhece a importância do binômio "tipo de rocha-tectonismo" na formação de zonas de fraturas para o semi-árido nordestino, para o estudo dos fraturamentos.

#### 2.7.2.2. Sistema do Rio do Peixe

Os primeiros estudos sobre água subterrânea da Bacia do Rio do Peixe datam de 1940 e foram realizados por BOA NOVA, quando enfocou as propriedades terapêuticas de suas águas.

Segundo ALBUQUERQUE (1970), são identificados na Bacia dois sistemas aquíferos:

- Antenor Navarro - do tipo confinado ;
- Aluvial - do tipo livre, contido nos depósitos do próprio Rio do Peixe.

Ainda segundo ALBUQUERQUE (1984), o Sistema Rio do Peixe é do tipo multi-aquífero, sendo constituído dos seguintes níveis:

- Antenor Navarro ou Unidade A;
- Sousa Superior ou Unidade B2;
- Rio Piranhas ou Unidade C;
- Aquífero Aluvial.

Segundo ALBUQUERQUE (op.cit.), o potencial, as reservas e disponibilidades atuais ainda são desconhecidas. Há um problema

hidrológico que persiste por insuficiência dos estudos geológicos até aqui realizados. Segundo ALBUQUERQUE (1984), é possível e até provável que a Formação Antenor Navarro, identificada e descrita no furo da Lagoa do Forno, não aflore em superfície, sendo um aquífero cuja recarga far-se-ia apenas por filtração vertical descendente. Assim, a Unidade A de Braum não seria a Formação Antenor Navarro, mas sim o membro B1 da Formação Sousa.

## 2.8. ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICO

Em termos econômicos, a Paraíba está representada pelos municípios de Bom Jesus, Bom Sucesso, Cachoeira dos Índios, Cajazeiras, Condado, Jericó, Lagoa, Lastro, Malta, Nazarezinho, Paulista, Pombal, Riacho dos Cavalos, Santa Cruz, Santa Helena, São João do Rio do Peixe, São José da Lagoa Tapada, Sousa, Triunfo e Uiraúna. As cidades de Sousa, Cajazeiras, São João do Rio do Peixe estão entre os centros urbanos mais desenvolvidos do sertão paraibano; as demais localidades são pequenos lugarejos sem muita representatividade econômica para o Estado, PARAIBA (op. cit.).

O Estado do Ceará está representado pelos municípios de Aurora, Icó, Lavras da Mangabeira e Pio X; e o Estado do Rio Grande do Norte pelos municípios de Alexandria, Luis Gomes, Major Sales e Tenente Ananias. Nesta área, a agricultura é a ocupação econômica predominante. O sistema produtivo não difere dos demais existentes no semi-árido nordestino.

No Estado da Paraíba, existem na área três perímetros



irrigados: o Projeto Gravatá, o Projeto Engenheiro Ávidos, e o Perímetro Irrigado de São Gonçalo.

O Projeto de Gravatá é um projeto privado, localizado no distrito de Gravatá, funcionando desde 1982 (SAMPAIO et alii., 1981), com uma área de 210,0 ha, situado à margem esquerda do rio Piranhas. Nas áreas irrigadas, desenvolvem-se as culturas de algodão, milho, feijão, arroz e banana. A água utilizada para a irrigação é captada diretamente do leito do rio Piranhas. As áreas de aluvião (67,2 ha) são irrigadas através do método superficial e as áreas de encostas (142,8 ha) através de irrigação localizada.

O Projeto Engenheiros Ávidos, situado as margens do rio Piranhas, ocupa terras dos municípios de Cajazeiras, São João do Rio do Peixe e Nazarezinho. Implantado pelo Governo do Estado da Paraíba, com uma área máxima para irrigação de 486,0 ha, utiliza o método por aspersão. As principais culturas irrigadas são arroz, algodão e o consórcio milho, feijão e algodão.

O Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG) é um dos mais importantes projetos de irrigação do DNOCS (SUDENE, 1968). Localizado no distrito de São Gonçalo, a jusante do açude de mesmo nome, está sob jurisdição do DNOCS desde 1973. O Perímetro possui uma área total de 5.290 ha, distribuídos em duas etapas (DNOCS 1985, 1988): a etapa I, totalmente em operação com 4.100ha e a etapa II, com 1.190 ha, em fase de implantação.

No Perímetro Irrigado de São Gonçalo são cultivados o arroz (ocupando uma área em torno de 50% da área cultivada), o tomate, a fruticultura (com destaque para a banana), o algodão herbáceo (produto de maior peso econômico), as hortaliças, etc. Vale salientar que esta região é a maior produtora de arroz do Estado da Paraíba (MOREIRA, 1989).

A pecuária extensiva de grande e médio porte vem ganhando espaço nos últimos tempos, em virtude da melhoria do processo genético e técnicas utilizadas, sobretudo no que se refere ao padrão alimentar do rebanho de corte, devido o aumento do uso de rações industriais e o cultivo das pastagens artificiais.

As poucas unidades fabris estão ligadas ao setor primário e às pequenas indústrias caseiras. O comércio e serviços têm um significado diminuto no quadro econômico regional.

Os principais mercados para a comercialização da produção são as cidades de Sousa, Cajazeiras, Pombal, Patos, Campina Grande e João Pessoa, no Estado da Paraíba; Pesqueira, Belo Jardim e Recife, em Pernambuco; Fortaleza, no Ceará e Natal, no Rio Grande do Norte. Todas com facilidades de acesso através de suas rodovias, PARAÍBA (op. cit.).

## CAPÍTULO 3

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. MATERIAIS

No desenvolvimento do referido trabalho, foram utilizados os seguintes materiais: dados bibliográficos, produtos de sensoriamento remoto e folhas topográficas.

##### 3.1.1. Bibliografia

Foi efetuada uma ampla pesquisa bibliográfica, incluindo consultas de livros, publicações especializadas referentes as informações geológicas e hidrogeológicas da área de estudo, além dos mapas de aspectos regionais e temáticos existentes na área.

##### 3.1.2. Produtos de Sensoriamento Remoto

- TM ("Thematic Mapper") - imagens multiespectrais obtidas pelo sistema LANDSAT 5. Foram utilizadas imagens nos canais 3, 4, 5 e 7 nas escalas 1:250.000 e 1:100.000, referentes as órbitas 216 e aos pontos 64 e 65 de 18.11.85.

- RADAR - foi utilizado o mosaico semi-controlado de

RADAR, na escala 1:250.000, do Projeto RADAMBRASIL, referente à folha SB.24-Z-A, que cobre totalmente a área de estudo.

A tabela 3.1 mostra as principais características dos produtos fotográficos utilizados.

TABELA 3.1

## PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS FOTOGRÁFICOS

CARACTERÍSTICAS					
SENSOR	CANAL	Resolução Espacial (Re)	Resolução Espectral (R)	Sistema Sensor	Tipo
SLAR	-	25m	banda X (3,2 cm)	radar de visada lateral	a
TM	3	30m	0,63 - 0,69 (µm)	imageador multiespectral	p
	4	30m	0,76 - 0,90 (µm)	imageador multiespectral	p
	5	30m	1,55 - 1,75 (µm)	imageador multiespectral	p
	7	30m	2,08 - 2,35 (µm)	imageador multiespectral	p

a - ativo

p - passivo

cm - centímetro

µm - micrômetro

Maiores detalhes sobre estes sensores podem ser

encontrados em LINTS AND SIMONETTI (1976), LILLESAND AND KIFFER (1978), SABINS Jr. (1978) e AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (1983).

### 3.1.3. Folhas Topográficas

Foram utilizadas as seguintes folhas topográficas da SUDENE na escala 1:100.000 de 1972.

- folha Orós (SB.24.Z.A.I)
- folha Pau dos Ferros (SB.24.Z.A.II)
- folha Catolé do Rocha (SB.24.Z.A.III)
- folha Cajazeiras (SB.24.Z.A.IV)
- folha Sousa (SB.24.Z.A.V)
- folha Pombal (SB.24.Z.A.VI)

## 3.2 - MÉTODOS

No desenvolvimento do presente trabalho, foi utilizada uma combinação interdisciplinar das metodologias descritas a seguir:

### 3.2.1. Métodos de Fotointerpretação

#### 3.2.1.1. Método das Chaves Interpretativas

Segundo BARBOSA (1988), caracteriza-se por ser um

método empírico e comparativo, que se baseia no conhecimento prévio de padrões e feições similares, que são confrontados com os existentes na área de estudo.

Os padrões podem ser:

- visuais - comparação entre imagens;
- descritivos - uma feição geológica é descrita em termos de características fotográficas, que se pressupõem serem as mesmas para situações geológicas semelhantes.

Dessa maneira, temos dois momentos importantes na utilização deste método:

1º - o emprego do método requer muito cuidado, pois a analogia pode levar à interpretação errônea.

2º - a subjetividade do método exige uma isenção do fotointérprete, para evitar idéias pré-concebidas.

Maiores detalhes sobre este método, podem ser encontrados em TATOR (1960), MILLER (1961), RICCI & PETRI (1965) e ALLUM (1969).

#### 3.2.1.2. Processo Fotointerpretativo

Os critérios de fotointerpretação utilizados baseiam-se no trabalho de SOARES & FIORI (1976), que reviveram às idéias de GUY (1966) e RIVERAU (1972), e propuseram uma codificação lógica para a interpretação de imagens fotográficas com as quais é

possível recorrer à visão tridimensional (estereoscópica).

Posteriormente, VENEZIANI & ANJOS (1982) procuraram adaptar os critérios de SOARES & FIORI (1976) para imagens de pequena escala, baixa resolução espacial e ausência de estereoscopia, em função das características dos produtos de sensoriamento remoto do RADAR e do sistema LANDSAT. Este processo baseia-se em uma sequência de etapas lógicas e sistemáticas que independem do conhecimento prévio da área.

As regras que conceituam este procedimento segundo VENEZIANI & ANJOS (op. cit) são:

- A análise dos elementos de textura e da estrutura fotográfica e das tonalidades de cinza, a fim de definir as propriedades que caracterizam a forma e individualização de zonas imageadas que possuam características semelhantes (zonas homólogas).

- O procedimento dedutivo e indutivo para estabelecer o significado geológico das zonas homólogas. Deste modo, no desenvolvimento do processo de fotointerpretação são desenvolvidas três etapas:

1ª - Fotoleitura: identificação dos elementos texturais de relevo e de drenagem, onde o elemento textural é a menor superfície contínua e homogênea, passível de repetição, distinguível em uma imagem fotográfica;

2ª - Fotoanálise: análise das propriedades de relevo e

drenagem e caracterização das formas segundo estas propriedades (Figura 3.1).

Ainda na fotoanálise, para os produtos TM/LANDSAT, devido as características espectrais dos mesmos, é feita a análise das tonalidades de cinza. A análise das tonalidades de cinza deve ser feita com cuidados especiais, pois na maioria dos casos elas refletem as alterações no tipo da cobertura vegetal, apesar de haver a relação tipo litológico-estrutura geológica e vegetação.

3ª - Fotointerpretação: associação dos dados analisados a um significado geológico, tendo por base os conhecimentos mais atuais sobre a área de estudo.

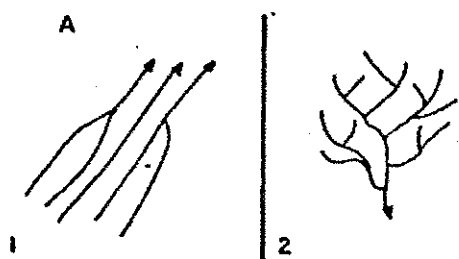
O processo de fotointerpretação na lógica e sistemática evita muitos problemas que ocorrem na utilização do método das chaves interpretativas e por isto foi adotado no presente trabalho. Maiores detalhes sobre este processamento podem ser encontrado em LUEDER (1979); SOARES & FIORE (1976); VENEZIANI & ANJOS (1982); VENEZIANI (1986), SANTOS (1986) e BARBOSA (1988).

### 3.2.2. Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo foram de caráter regional e não objetivaram o detalhamento estratigráfico, que para a região de estudo é extremamante complexo. O trabalho de campo foi dirigido para a busca de evidências que permitissem um entendimento melhor da história evolutiva da área de estudo através dos processos da

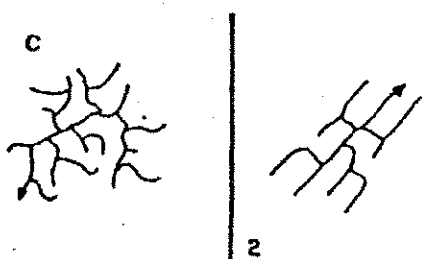


## DRENAGEM



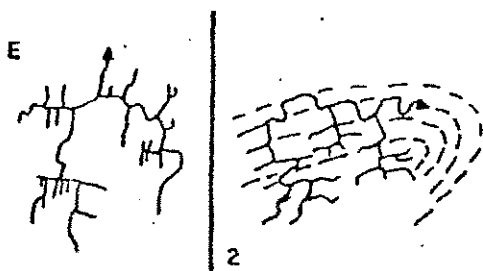
## A – ESTRUTURA

1 – Organização linear; 2 – Organização em “árvore” (dendrítica).



## C – GRAU DE ESTRUTURAÇÃO

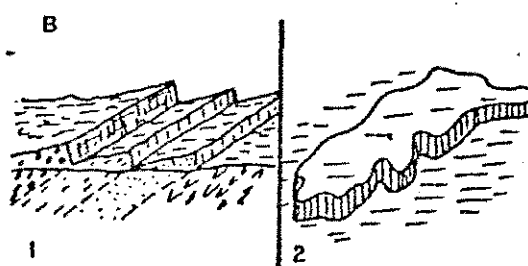
1 – Disposição irregular; 2 – Disposição regularmente ordenada; forma fortemente estruturada.



## E – ORDEM DE ESTRUTURAÇÃO

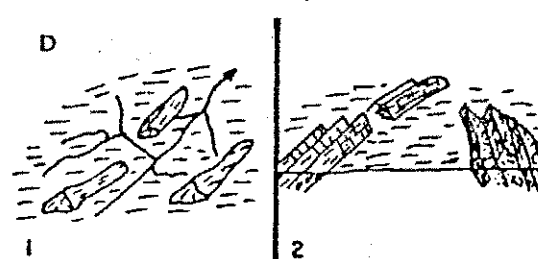
1 – Organização simples: ordem baixa.  
2 – Organização complexa (treliça recurvada superimosta à dendrítica): ordem alta (fator de condicionamento da forma: antiforma).

## RELEVO



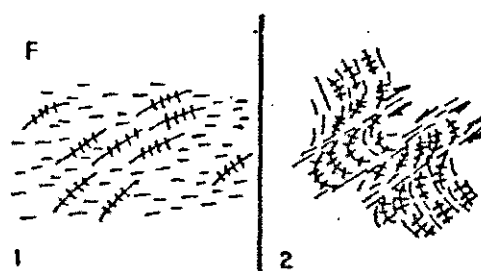
## B – ESTRUTURA

1 – Organização em cristas, linear; 2 – Organismos formas geométricas definidas.



## D – GRAU DE ESTRUTURAÇÃO

1 – Disposição irregular: forma fracamente estruturada; 2 – Disposição regularmente ordenada; forma fortemente estruturada.



## F – ORDEM DE ESTRUTURAÇÃO

1 – Organização simples: ordem baixa.  
2 – Organização complexa (deformações plásticas geradas por falhas): ordem alta (fator de condicionamento da forma: falhamento transcorrente).

Figura 3.1 – Propriedades que caracterizam as formas da drenagem e do relevo.

FONTE: VENEZIANI & ANJOS (1982).

tectônica rúptil e rúptil-dúctil. O roteiro do trabalho de campo foi definido a partir do Mapa de Feixes de Fraturas (ANEXO A) e os pontos visitados no campo corresponderam às áreas de maior concentração de fraturas. Dessa maneira, a nível de afloramento foram feitos os seguintes estudos:

a) Estudo de feições indicativas de movimentação e/ou esforços na formação de falhas ou fraturas (estrias, marcas de arranhaduras, etc.).

b) Observação de diques ou veios preenchendo fraturas em uma determinada direção.

c) A relação entre fraturamento, que permite a definição da idade relativa dos eventos tectônicos e dos esforços.

d) Definição de intensidade de fraturamento em direções preferenciais de rupturas e esforços.

Durante os trabalhos de campo, foram feitas descrições de 56 afloramentos com medidas de foliação, acamamento e fraturas.

### 3.3. ANÁLISE DE FRATURAMENTO

Na extração dos dados estruturais (juntas e falhas) foram analisados os elementos texturais (lineações e alinhamentos de relevo e drenagem). Adotou-se as seguintes definições:

- Fraturas: este termo foi utilizado de uma forma bem ampla, incluindo qualquer plano de quebra passível de representação nos produtos utilizados de pequena escala. Aqui estão incluídas as foliações cataclásticas, a partir das quais pode se desenvolver um intenso fraturamento.

- Lineação de Relevo e Drenagem: este termo foi utilizado segundo as definições de SOARES et alii (1982a) e SOARES et alii (1982b), como caráter descritivo de feições observadas nas imagens fotográficas e sua correlação com os elementos do terreno.

- Fotolineamento: este termo foi utilizado de forma ampla para caracterizar feições lineares, retilíneas e/ou levemente curvas, associadas às formas de relevo e drenagem observadas nos produtos utilizados.

- Fotoalinhamento: este termo foi utilizado de forma ampla para caracterizar feições alinhadas simples ou compostas, que podem refletir um fenômeno de subsuperfície.

- Juntas: foram consideradas juntas as lineações de relevo e de drenagem com extensão máxima de 3,5 Km (NORTHFLEET et alii, 1971) e transversais a subparalelos e ao acamamento.

- Falhas: foram consideradas como falhas, alinhamentos de relevo, de drenagem e tonais com extensão superior a 3,5 Km que segundo VENEZIANI (1986), podem condicionar a assimetria de relevo e drenagem ou constituir os limites entre extratos rochosos com competência diferente.

Os dados de fraturamento foram estudados através da delimitação dos feixes de fraturas, e das análises qualitativa e quantitativa.

### 3.3.1. Feixes de Fraturas

Na análise dos feixes de fraturas (Anexo A), foram determinadas direções preferenciais, levando-se em conta que os principais alinhamentos e zonas fortemente estruturadas podem indicar tectonismo profundo mesmo em cinturões de "nappes" (PLICKA, 1974).

Segundo PLICKA (op. cit.), as zonas de juntas constituem uma concentração de juntas, com alto ângulo de mergulho (verticais e sub-verticais), espaçadas regularmente (mais ou menos paralelas), estendendo-se ao longo de grandes áreas e grandes distâncias e podendo ainda ter grande extensão vertical. As zonas de juntas podem formar conjuntos de uma determinada direção, delineando feições tectônicas e nos produtos sensores utilizados são as feições mais marcantes e proeminentes.

### 3.3.2. Análise Quantitativa dos Fotolineamentos

A análise quantitativa dos fotolineamentos foi processada a partir do tratamento estatístico para produtos sensores de pequena escala, proposto por ALIYEV (1980), que permite o estudo regional dos eventos da tectônica rúptil e rúptil-dúctil.

O método permite ainda estudar os sistemas de fraturas como um todo ou separadamente para uma determinada unidade litoestratigráfica, como também definir os efeitos do controle exercido por falhamentos na distribuição das zonas de juntas BARBOSA (1988).

Na aplicação deste método, foi feita a contagem dos fotolineamentos para cada um dos conjuntos de sistemas de juntas definidas. Foi utilizada uma malha de 3 cm X 3 cm e a interpolação dos dados de maneira manual foi realizada na escala de trabalho 1:250.000.

### 3.3.3. Análise Qualitativa dos Fotolineamentos

Baseia-se na análise da distribuição, intensidade e relação das interseções dos fotolineamentos. Esta análise permite obter informações sobre a hierarquia dos esforços que atuaram na região e, conseqüentemente, obter indicação sobre a relação entre os diversos eventos (inclusive sobre suas idades relativas) que resultaram nos atuais sistemas de fraturas (BARBOSA, 1988).

A análise individual dos sistemas de fraturas permite tecer considerações sobre um determinado evento tectônico rúptil ou rúptil-dúctil.

### 3.3.4. Análise da Assimetria da Rede de Drenagem e do Relevo

Nesta análise, foram estudadas as propriedades texturais da rede de drenagem e do relevo, como densidade,

alinhamento, lineações, curvaturas (drenagem) quebras de relevo, angulosidade (drenagem), assimetria, tropia (drenagem) e uniformidade.

No presente trabalho, foi dada ênfase à análise da assimetria de drenagem e do relevo, que pode fornecer inferências sobre mergulho de feições planares, ou sentido do mergulho de estruturas geológicas, que por sua vez podem indicar a inclinação de estratos ou basculamentos de blocos estruturais onde podem ser encontradas condições favoráveis a percolação da água de subsuperfície.

Segundo VENEZIANI & ANJOS (1982), a assimetria de drenagem é definida em função da extensão e da forma dos elementos texturais de drenagem que se constituem em afluentes do canal principal (Figura 3.2), e a assimetria de relevo é definida em função do ângulo de declividade entre zonas de relevo, com diferentes propriedades texturais, cujo vértice é uma quebra positiva (Figura 3.3).

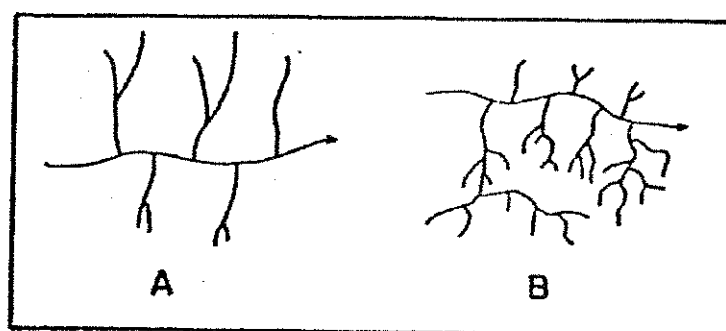


Figura 3.2 - Drenagem fracamente assimétrica "A";  
Drenagem fortemente assimétrica "B".

FONTE: VENEZIANI & ANJOS (1982).

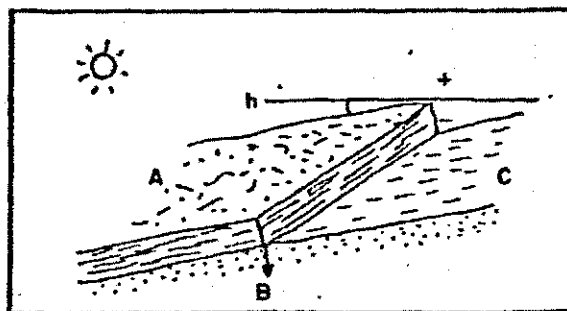


Figura 3.3 - O plano de declividade estrutural (zona homóloga A) forma um ângulo baixo com a linha horizontal (h), pois o relevo é fortemente assimétrico. Quanto maior for este ângulo, menor será a assimetria e, portanto, mais acentuado será o mergulho estrutural.

FONTE: VENEZIANI & ANJOS (1982).

A Figura 3.4 (a, b e c) mostra um exemplo de assimetria de relevo e de drenagem da área de estudo, e a sua possível correlação com a tendência do fluxo de água subterrânea.

Cabe aqui ressaltar que este processo de análise da assimetria de drenagem e do relevo é um processo de maior confiabilidade para áreas de domínio de rochas estratificadas, como nas bacias sedimentares. Em áreas de rochas cristalinas, a aplicação deste procedimento deve ser feita com cautela, pois a movimentação da água em subsuperfície ocorre praticamente apenas através das fraturas.

#### 3.4. DADOS DE POÇOS

Os dados de poços profundos, no presente trabalho, serve como uma aferição, na avaliação das área selecionadas como

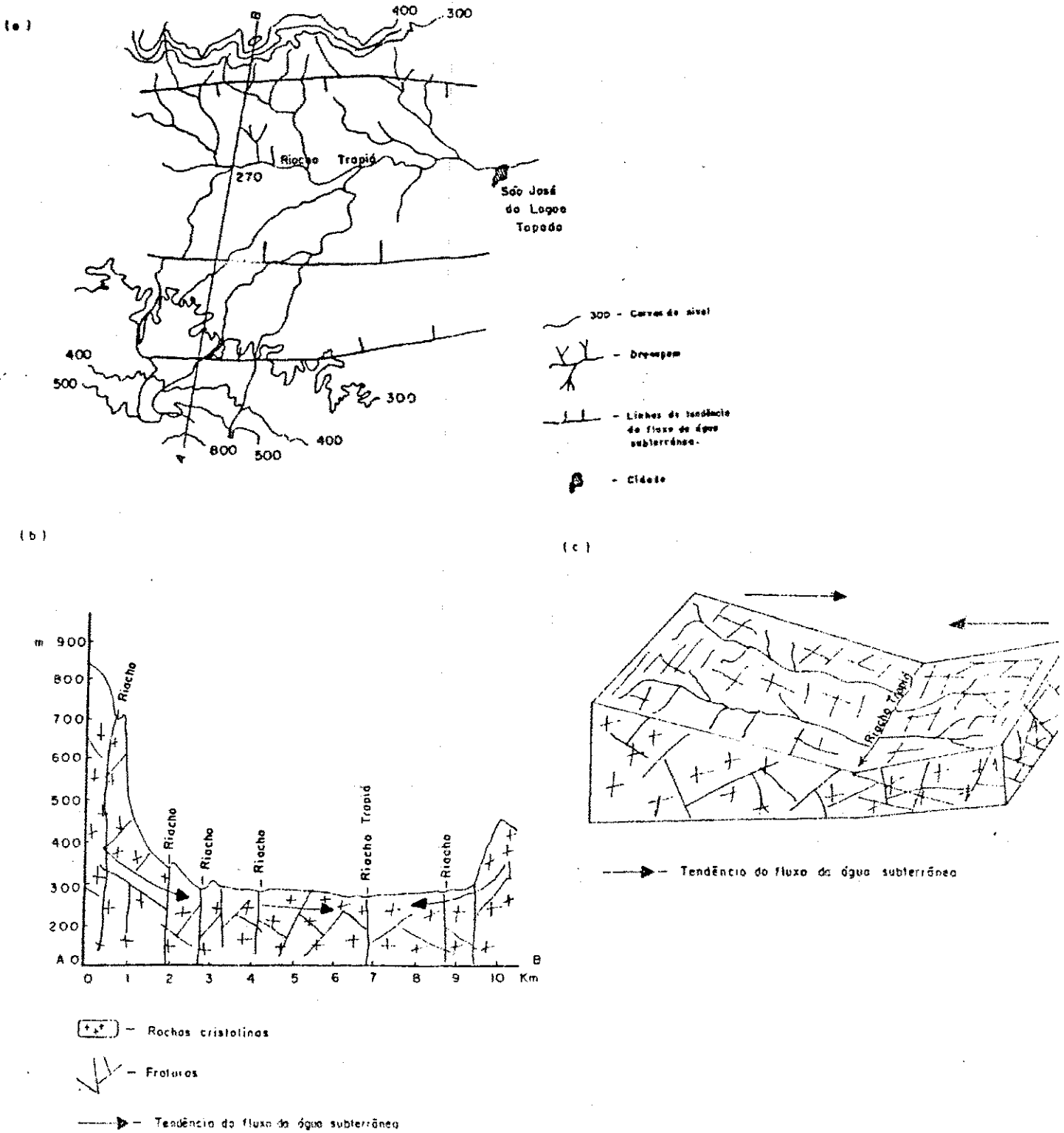


Figura 3.4 - Exemplo de assimetria de drenagem e relevo na região a W de São José de Lagoa Tapada (a - plano; b - em perfil; c - em bloco, diagrama esquemático). Os canais de drenagem da margem esquerda do riacho Trapia são bem mais longos que os da margem direita. O relevo na porção sul apresenta-se bem mais elevado que na porção norte.



prioritárias à pesquisa de água subterrânea. Estes dados de poços foram obtidos a partir do cadastro de poços da CDRM (Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado da Paraíba), ANEXO E.

### 3.5. AREAS FAVORÁVEIS A PESQUISA DE AGUA SUBTERRÂNEA

#### 3.5.1. Area Cristalina

Em se tratando de áreas cristalinas, do ponto de vista hidrogeológico, são os fraturamentos (juntas e falhas) praticamente os únicos elementos responsáveis pela permeabilidade de suas rochas. Dessa forma, devemos considerar como área mais permeável aquela que apresente uma alta concentração de fraturas (feixes de fraturas). Outro fator importante é que se pode também definir áreas com potencial maior de infiltração e percolação de água, através da análise da linha de tendência de fluxo e, desta forma, as falhas devem ser consideradas como o elemento ao longo do qual a água tende a convergir. Por conseguinte, teremos ao longo delas a circulação máxima.

Identificados os elementos "feixe de fraturas" e "falhas", deve-se definir a que regime de esforços eles estão associados. Assim, feixes de fraturas e falhas associados a regimes distensivos são mais favoráveis à infiltração e à percolação de água do que aqueles associados a regimes compressivos, relacionados a estruturas fechadas, com baixas condições de infiltração de água.

Os cruzamentos destes elementos (feixes de fraturas e falhas) bem como as áreas a eles adjacentes, podem ser considerados como setores anômalos, onde as condições de infiltração e percolação de água sejam ainda mais significativas. Estes cruzamentos devem ser analisados segundo uma ordem de prioridade, a partir do cruzamento de estruturas distensivas (abertas) até o cruzamento de estruturas compressivas (fechadas). (Tabela 3.2).

Outro fato importante é que os sistemas de fraturas sejam conjugados e que pertençam ao mesmo evento tectônico. Isto é, que apresentem padrões de interferência entre as diversas famílias de fraturas.

Outro critério utilizado foi o posicionamento das feições estruturais em relação a linha de tendência de fluxos. Dessa maneira, as estruturas podem ser concordantes ou discordantes com a tendência do fluxo. (Figura 3.5).

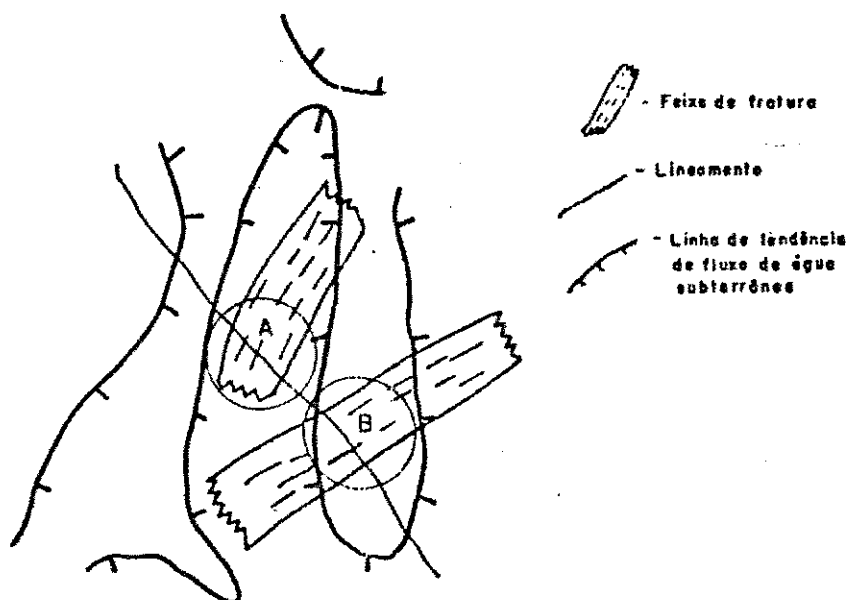


Figura 3.5 - Exemplo esquemático de delimitação de áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea.

TABELA 3.2

## ESTRUTURAS E COMBINAÇÕES SEGUNDO ORDEM DE PRIORIDADE

ELEMENTOS		CRUZAMENTOS		ESTRUTURAS		
ESTRUTURAS	I	SISTEMAS CONJUGADOS	II	SISTEMAS	III	INDIVIDUAIS
			1	FEIXE X FEIXE		
A	ABERTOS (A)	1	FEIXE X FEIXE	1	FEIXES	
		2	FEIXE X LINEAMENTO(S)	3	LINEAMENTO(S) X LINEAMENTO(S)	
		3	LINEAMENTO(S) X LINEAMENTO(S)	4	FEIXE X DESCONTINUIDADE	
		4	FEIXE X LINEAMENTO(S)	5	LINEAMENTO(S) X DESCONTINUIDADE	
		5	LINEAMENTO(S) X LINEAMENTO(S)			
B	HÍBRIDOS (H)	1	FEIXE(A) X LINEAMENTO(S)(F)	1	FEIXE(A) X LINEAMENTO(S) (F)	
		2	FEIXE(F) X LINEAMENTO(S)(A)	2	FEIXE(A) X FEIXE(F)	
		3	FEIXE(A) X FEIXE(F)	3	LINEAMENTO(S)(A) X LINEAMENTO(S)(F)	
		4	LINEAMENTOS(A) X LINEAMENTO(S)(F)	4	FEIXE(F) X LINEAMENTOS(A)	
C	FECHADOS (F)	1	LINEAMENTO(S) X LINEAMENTO(S)	1	FEIXES	
		2	FEIXE X LINEAMENTO(S)	2	FEIXE X LINEAMENTO(S)	
		3	FEIXE X FEIXE	3	FEIXE X FEIXE	
		4	FEIXE X DESCONTINUIDADE	4	FEIXE X DESCONTINUIDADE	
		5	LINEAMENTO(S) X DESCONTINUIDADE	5	LINEAMENTO(S) X DESCONTINUIDADE	

- Obs.: 1. Considerar como descontinuidade as discordâncias litológico-estruturais, excluindo as falhas;
2. Observar a permeabilidade quanto à porosidade ou densidade de elementos estruturais;
3. Verificar a tendência de fluxo de água, se concordante ou discordante às estruturas.

FONTE: MODIFICADA DE SAHPAIO (1987).

Na figura 3.5, o setor delimitado com o círculo (A) é o mais favorável para a pesquisa de água subterrânea, pois existe um feixe disposto longitudinalmente ao fluxo, na porção mais baixa do bloco basculado, cortado por um lineamento. Na mesma figura, a área delimitada com um círculo (B), embora também caracterize o cruzamento de um feixe de fraturas com um lineamento, é uma área menos favorável para a pesquisa de água subterrânea, pois encontra-se numa posição discordante em relação à tendência geral do fluxo.

### 3.5.2. Área Sedimentar

Do ponto de vista hidrogeológico, são as rochas sedimentares as mais promissoras para o armazenamento e a captação de água subterrânea. Cerca de 90% de todos os aquíferos aproveitados consistem de rochas não consolidadas (sedimentos aluviais).

Os sedimentos consolidados, como os calcários, os arenitos e conglomerados formam um outro grupo de interesse para os hidrogeólogos. Nos calcários, as chamadas "aberturas" podem variar desde poros microscópicos até grandes cavernas, propiciando a formação de uma drenagem subterrânea, que possibilita a criação de grandes reservatórios de águas subterrâneas. Já os arenitos e os conglomerados, como formam cimentados, têm suas porosidades e a capacidade de escoamento reduzidas.

Os conglomerados não são tão importantes como

aquíferos, pois têm ocorrência limitada. A capacidade de percolação e armazenamento de água subterrânea nos arenitos pode aumentar quando estes encontram-se também fraturados. Desta forma, é interessante que, para rochas sedimentares, também seja feito um estudo detalhado de fraturamento.

De um modo geral, as feições estruturais (feixes de fraturas e lineamentos) podem ocorrer em 28 situações diferentes, agrupadas em 3 (três) grandes grupos (Tabela 3.2), segundo as situações possíveis de formas de ocorrência de estruturas e suas combinações, bem como a ordem de prioridade de áreas mais favoráveis à pesquisa de água subterrânea. Na tabela acima citada, os caracteres alfabéticos maiúsculos representam o tipo de elemento estrutural (A - aberto; B - híbrido; C - fechado); os algarismos romanos representam a forma de ocorrência destes elementos (cruzamentos: I - sistemas conjugados; II - sistemas; III - estruturas individuais).

As estruturas individuais estão em uma posição hierárquica inferior às outras duas. Os algarismos arábicos representam as feições estruturais caracterizadas na fotointerpretação a nível de imagem orbital com auxílio dos dados de campo e da bibliografia existente.

Cabe salientar que a locação de poços profundos nas áreas prioritárias à pesquisa de água subterrânea, definidas neste trabalho, somente será confiável após os levantamentos convencionais.

### 3.6. MAPA INTEGRADO

O Mapa Integrado (ANEXO D) une todos os resultados obtidos nas diferentes fases de execução deste trabalho, tais como: as linhas de tendência de fluxo de água subterrânea, os feixes de fraturas, os falhamentos, as áreas mais favoráveis à pesquisa de água subterrânea e os dados de poços profundos. Todos estes dados foram lançados sobre uma base planimétrica simplificada.

## CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO UTILIZADOS:  
 IMAGENS TM/LANDSAT E RADAR

## 4.1. DADOS FUNDAMENTAIS

As características dos produtos fotográficos de sensoriamento remoto utilizados estão diretamente relacionadas com as faixas do espectro eletromagnético (Figura 4.1) que eles registram e o tipo de recursos utilizados para este registro.

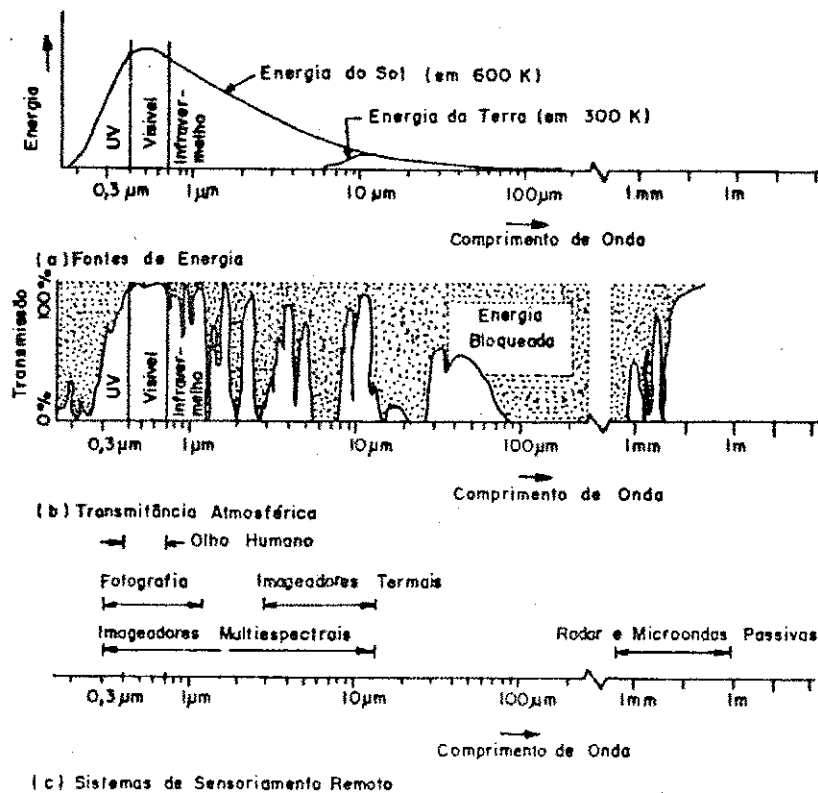


Figura 4.1 - Características espectrais das principais fontes de energia eletromagnética (sol e terra, da transmitância atmosférica e faixas de atuação dos sistemas sensores).

Fonte: MODIFICADA DE LILLESAND & KIEFER (1979).

Os resultados da interpretação destes produtos são decorrentes das suas características e a escolha dos produtos deve estar relacionada com os objetivos do trabalho e com as características da área de estudo.

As características dos produtos variam em função dos seguintes fatores:

- resolução (espacial, espectral e temporal);
- tipo de plataforma (aeronave, satélite, etc.);
- sistema de coleta de dados (passivos: câmara fotográfica, televisão, imageadores multiespectrais, etc; ativos: radar).

Tais características devem ser consideradas antes do início de um determinado trabalho, de acordo com os seus objetivos, que em conjunto com as características da área deverão orientar a escolha dos tipos de produtos a serem utilizados. Na utilização de produtos de pequenas escala, como neste trabalho, uma limitação principal é dada pelas próprias estruturas geológicas, que devem ser proeminentes, o bastante para se conseguir uma contribuição efetiva desses produtos.

Deste modo, deve-se levar em conta os seguintes parâmetros dos principais produtos de sensoriamento remoto utilizados neste trabalho:



### - Resolução Espectral

Os alvos naturais possuem comportamentos espectrais característicos, segundo suas capacidades de refletir a energia que incide sobre eles.

A reflectância espectral é a razão entre o fluxo da energia refletida e o fluxo da energia incidente sobre o corpo e caracteriza espectralmente cada alvo (Figura 4.2).

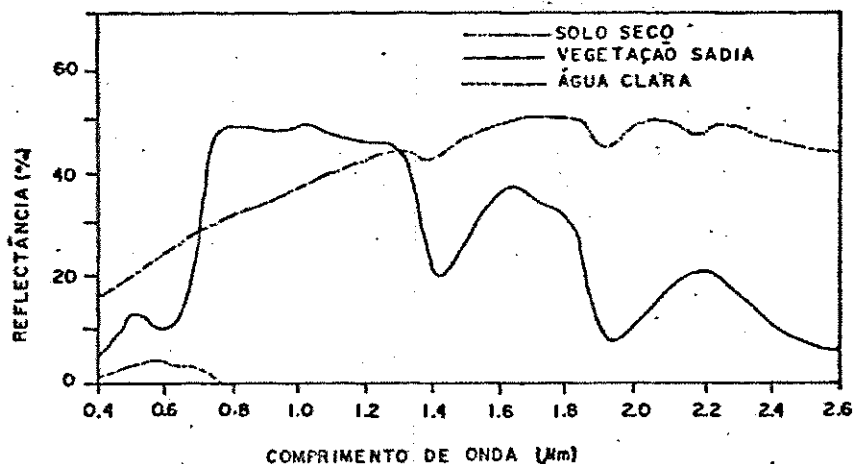


Figura 4.2 - Curvas típicas da reflectância espectral para os principais alvos da superfície terrestre: solo, água e vegetação.

FONTE: BARBOSA (1988).

Nas imagens fotográficas LANDSAT, a reflectância espectral está representada sob a forma de tonalidades de cinza.

No caso das imagens de radar, não se pode falar em resolução espectral, pois o que determina suas tonalidades de cinza é a rugosidade do terreno.

#### - Resolução Espacial

A tonalidade de cinza de cada ponto da imagem LANDSAT corresponde ao valor da radiância do elemento de resolução do terreno (ERT) que possui valor médio de 30 m x 30 m para o TM.

Grosso modo, a resolução pode ser considerada como a densidade de pontos discerníveis na imagem.

Apesar desta característica ser pré-estabelecida para cada sensor, alvos que tenham dimensões menores que o ERT podem ser distinguíveis. Por exemplo: estradas, aluviões, matas e galerias são feições que apresentam alto contraste em relação às que lhe são vizinhas, permitindo assim que sejam distinguidas.

Por outro lado, o inverso pode ocorrer. Unidades litológicas com características físico-químicas semelhantes e com cobertura vegetal homogênea não serão distinguíveis, mesmo que a espessura de seus estratos ultrapasse as dimensões mínimas exigidas pela resolução espacial do sistema (VENEZIANI, 1986).

#### - Resolução Temporal

Relaciona-se com a repetitividade de imageamento de uma mesma área do terreno, sendo para os satélites LANDSAT 1, 2, 3 de 18 em 18 dias e para os LANDSAT 4 e 5 de 16 em 16 dias.

#### 4.1.1. Imagens TM/LANDSAT

As imagens TM (Thematic Mapper) são de melhor resolução espectral que as MSS, pois são apresentadas em 7 canais: 3 na

região do visível; 3 na região do infravermelho refletido e 1 na região do infravermelho termal. A resolução espacial dos canais TM para as regiões do visível e infravermelho refletido é de 30 metros. Para o canal termal a resolução é de 120 metros.

As principais aplicações das imagens TM/LANDSAT são as seguintes:

Canal 1 - 0,45 $\mu$ m a 0,52 $\mu$ m - visível - projetado para mapeamento de águas costeiras, diferenciação entre solo e vegetação, e entre tipos de vegetais;

Canal 2 - 0,52 $\mu$ m a 0,60 $\mu$ m - visível - projetado para estudar a reflectância da vegetação sadia;

Canal 3 - 0,63 $\mu$ m a 0,69 $\mu$ m - visível - é o canal mais importante para o estudo da vegetação. É a banda de absorção da clorofila;

Canal 4 - 0,76 $\mu$ m a 0,90 $\mu$ m - infravermelho refletido - projetado para auxiliar nos trabalhos que envolvem cálculos de biomassa e descrição de corpos de água;

Canal 5 - 1,55 $\mu$ m a 1,75 $\mu$ m - infravermelho refletido - projetado para fornecer informações a respeito da umidade do solo, da vegetação e do tipo de cultura;

Canal 6 - 1,04 $\mu$ m a 1,25 $\mu$ m - infravermelho termal - projetado para auxiliar na classificação vegetal, análise de "stress" na vegetação, observação da umidade de solos e outros mapeamentos de fenômenos termais;

Canal 7 - 2,08 $\mu$ m a 2,35 $\mu$ m - infravermelho refletido - projetado para mapeamento de formações rochosas.

#### 4.1.2. Imagens de RADAR

Os mosaicos semi-controlados SLAR (Side Looking Airborne Radar = Radar de Visada Lateral) apresentam boa precisão geométrica, bom realce das feições morfoestruturais, causado pela iluminação oblíqua (visada lateral), além da vantagem de obter imagens independentemente da hora do dia ou das condições do tempo. As imagens do SLAR foram obtidas na faixa das microondas, banda X (3,12 cm).

Os mosaicos semi-controlados de RADAR podem ser utilizados em conjunto com as imagens LANDSAT e, na maioria dos casos, estes produtos se completam.

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS

#### 5.1. GEOLOGIA

##### 5.1.1. Pré-Cambriano Indiviso (PC)

No presente trabalho, as rochas do Pré-Cambriano Indiviso (Complexo Gnaissico-Migmatítico e rochas granitóides e gambróides\dioritóides), foram agrupadas em uma única unidade litoestratigráfica denominada Embasamento Cristalino. No campo, observou-se que estas rochas encontram-se intensamente tectonizadas, fraturadas (Foto 1) e dobradas (Foto 2), verificando-se que a foliação associada tem uma relação direta com falhas que representam as principais direções de esforços definidas para a região, como exemplificado na Tabela 5.1.

Os dobramentos, em alguns pontos, mostram também um relacionamento direto com os falhamentos, como mostra a Foto 2.

As áreas de ocorrência das rochas do Embasamento Cristalino, caracterizam-se por um relevo ondulado até montanhoso e, às vezes, encontra-se fortemente dissacado (Foto 3).



Foto 1 - Afloramento de migmatitos, intensamente fraturados, região de Uiraúna (PB).

TABELA 5.1

RELAÇÃO ENTRE AS DIREÇÕES DE FOLIAÇÃO DAS ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO E AS DIREÇÕES DE ESFORÇOS DEFINIDAS NA ÁREA DE ESTUDO

FOLIAÇÃO	DIREÇÕES DE ESFORÇOS
N25°E±5°	N25°E±5° *
N35°W±5°	N35°W±5° **
N40°E±5°	N40°E±5° **
N60°E±5°	N60°E±5° **
N60°W±5°	N60°W±5° **
E W±5°	E W±5° **

\* - direção de transcorrências e falhas inversas de alto ângulo;

\*\* - direção de transcorrências e de falhamentos normais.



Foto 2 - Afloramento de migmatitos fraturados e dobrados. Região a oeste de São Gonçalo, em zona de contato com a Bacia do Rio do Peixe.



Foto 3 - Aspectos de relevo do embasamento cristalino, vistos da barragem do Açude São Gonçalo para sul.

As principais características fotogeológicas que do Embasamento Cristalino (Tabela 5.2), que o diferenciam da unidade Sedimentar da Bacia do Rio do Peixe são:

#### 5.1.1.1. Características Morfológicas

Caracteriza-se de maneira marcante pelo seu aspecto estrutural, devido a grande quantidade de lineamentos, que se apresenta bem evidenciado nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR. A drenagem e as lineações de relevo apresentam-se de maneira caótica ou estruturada. A estruturação destes elementos nas imagens é que permite a definição das fraturas e dos grandes falhamentos.



TABELA 5.2

CARACTERÍSTICAS FOTOMÓRFICAS DAS UNIDADES GEOLÓGICAS NAS IMAGENS TM/LANDSAT E DE RADAR.

UNIDADE GEOLOGICA	RELEVO (TM/LANDSAT E RADAR)			DRENAGEM (TM/LANDSAT E DE RADAR)			TEXTURA FOTOGRAFICA		TONALIDADE FOTOGRAFICA			
	Padrão	Disse- cação	Estrutu- ração	Padrão	Densidade	Estrutu- ração	(TM/LANDSAT E DE RADAR)	3	4			
Q	S	mb	-	-	-	-	-	fm	c	c		
Mz <sub>(1)</sub>	SO	b	m	d	m	m	a	g	c	mc		
Mz <sub>(2)</sub>	SO	b	m	d	m	m	a	m	c	m		
Mz <sub>(3)</sub>	SO	b	m	d	m	m	a	fm	c	c		
EC	OM	a	ma	a	d	a	ma	a	a	g	e	e

a - alto	EC - Embasamento Cristalino	mb - média baixa	OM - ondulado-montanhoso
b - baixo	f - fina	mc - cinza média clara	S - suave
c - cinza claro	fm - fina a média	M <sub>(1)</sub> - unidade I	SO -suave-ondulado
d - dendritico	m - média	M <sub>(2)</sub> - unidade II	
e - cinza escuro	ma - médio alta	M <sub>(3)</sub> - unidade III	

Embora o Embasamento Cristalino esteja sendo considerado como uma única unidade litoestratigráfica, observou-se no campo uma relação direta entre o tipo litológico e as unidades morfológicas nas imagens. As áreas que nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR apresentam-se com um relevo montanhoso e fortemente dissecado, correspondem no campo às ocorrências de rochas granitóides. As áreas que nas imagens apresentam-se com um relevo ondulado menos dissecado, correspondem no campo às ocorrências de gnaisses e migmatitos.

### 5.1.1.2. Características das Tonalidades de Cinza

As tonalidades de cinza das imagens multiespectrais do TM/LANDSAT são resultados da interação da energia eletromagnética com a cobertura vegetal, com as áreas de solos ou rochas expostas, com o teor de umidade da superfície (solo e vegetação), etc. Já nas imagens de RADAR, as tonalidades de cinza são em número bem menor que nas imagens multiespectrais TM/LANDSAT e são decorrentes das propriedades dielétricas e da geometria da superfície estudada.

Na área de estudo as rochas do Embasamento Cristalino diferenciam-se das unidades sedimentares da Bacia do Rio do Peixe por tonalidades mais escuras, tanto na imagem da região do visível, como na do infravermelho próximo, fato não observado no mosaico semicontrolado de RADAR. As fraturas e os falhamentos em ambos os produtos apresentam características semelhantes, ou seja, são definidas pelos pares sombras e luz, impostos pelo relevo.

### 5.1.2. Mesozóico - (Mz)

Não foi objetivo deste trabalho o detalhamento litológico da Bacia do Rio do Peixe, como também a definição e estudo das suas unidades estratigráficas, já definidas por outros autores.

No presente trabalho, as rochas sedimentares da Bacia do Rio do Peixe, foram subdivididas em três unidades (Figura

5.1), tendo por base as características fotogeológicas e dados da observação de campo, como a seguir:

#### 5.1.2.1. Unidade I - (Mz<sub>(1)</sub>)

Nesta unidade, predominam os arenitos vermelhos a cinza de granulação média a grosseira, com intercalações de siltitos. Ela é bem caracterizada na sub-bacia de Brejo das Freiras, na porção oeste, norte e extremo leste da sub-bacia de Sousa e sua distribuição geográfica nas imagens TM/LANDSAT desta unidade corresponde à Formação Antenor Navarro definida por COSTA (1964);

#### 5.1.2.2. Unidade II - (Mz<sub>(2)</sub>)

Nesta unidade, predominam arenitos finos com facieis mais argilosas avermelhadas. Ela ocorre na porção das sub-bacias Brejo das Freiras e Sousa e sua distribuição geográfica corresponde à Formação Sousa definida por COSTA (op. cit.);

#### 5.1.2.3. Unidade III - (Mz<sub>(3)</sub>)

Nesta unidade, predominam arenitos cinza amarelados de granulação média, com estratificação laminar e cruzada, apresentando em alguns pontos um arenito conglomerático mal selecionado. Ela foi identificada a sul da cidade de Sousa. Sua distribuição geográfica corresponde à Formação Piranhas definida por ALBUQUERQUE (1968).

Embora as unidades da Sequência Rio do Peixe possuam no

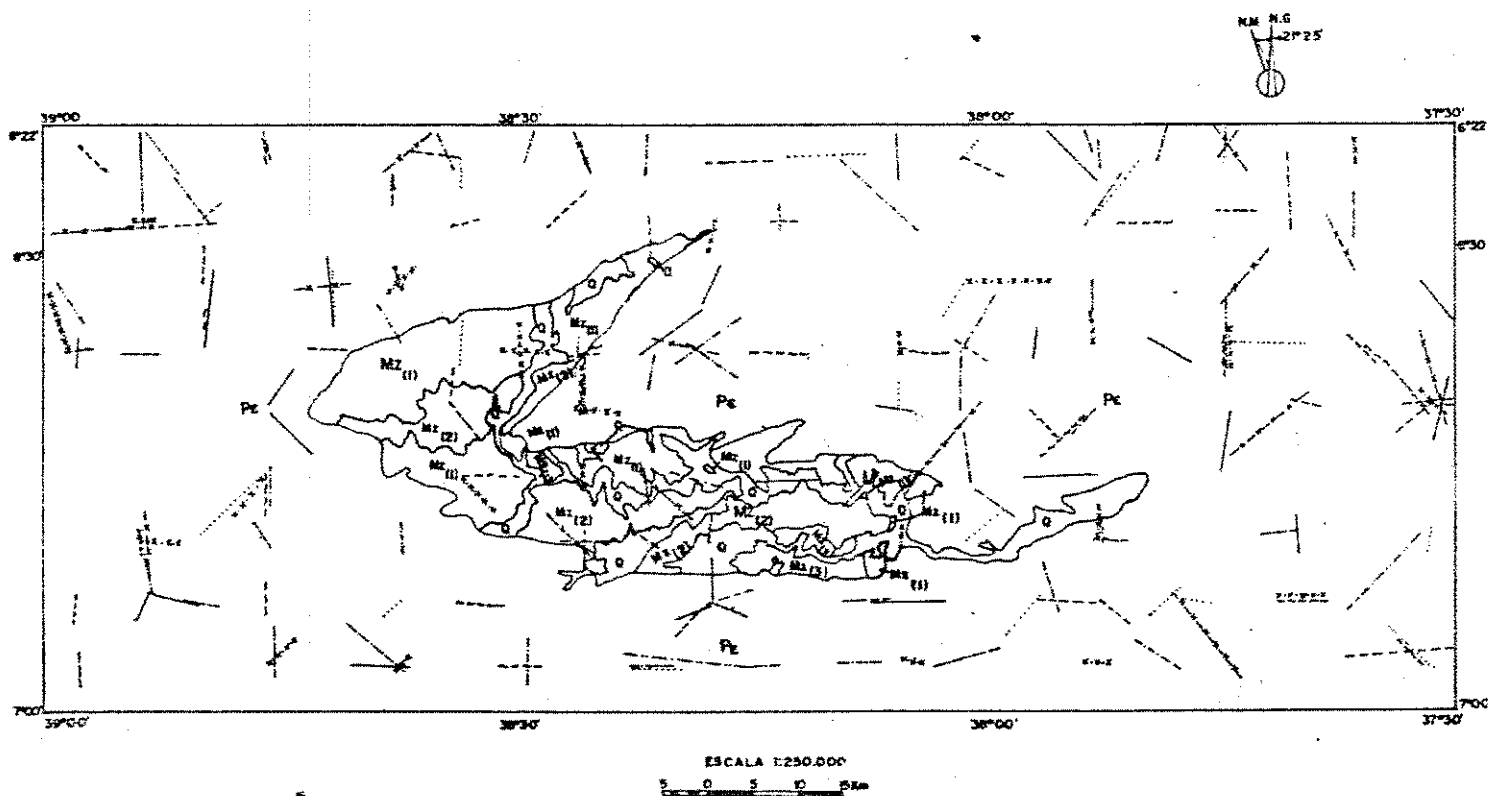


Figura 5.1 - Mapa de eixos dos máximos de frequência de fraturas e das unidades litoestratigráficas fotointerpretadas a partir das imagens TM/LANDSAT e de RADAR.

#### LEGENDA

- |               |  |        |  |
|---------------|--|--------|--|
| —————         | - eixo de máximos de frequência de fraturas de direção $NS \pm 5^\circ$          | Mz (1) | - Sequência Rio do Peixe. Unidade 1 - arenitos médios a finos, cinza amarelados.               |
| - - - - -     | - eixo de máximos de frequência de fraturas de direção $N25^\circ E \pm 5^\circ$ | Mz (2) | - Sequência Rio do Peixe. Unidade 2 - arenitos finos, avermelhados, com argila e folheios.     |
| - . - . - .   | - eixo de máximos de frequência de fraturas de direção $N40^\circ E \pm 5^\circ$ | Mz (3) | - Sequência Rio do Peixe. Unidade 3 - arenitos médios a grosseiros, avermelhados com folheios. |
| X · X · X · X | - eixo de máximos de frequência de fraturas de direção $N60^\circ E \pm 5^\circ$ | PE     | - Embasamento Cristalino.  |
| - - - - -     | - eixo de máximos de frequência de fraturas de direção $EW \pm 5^\circ$          | Q      | - Aluvião.   |
| X - X - X - X | - eixo de máximos de frequência de fraturas de direção $N20^\circ W \pm 5^\circ$ |        |  |
| - - - - -     | - eixo de máximos de frequência de fraturas de direção $N40^\circ W \pm 5^\circ$ |        |  |
| - . - . - .   | - eixo de máximos de frequência de fraturas de direção $N60^\circ W \pm 5^\circ$ |        |  |

geral baixos ângulos de mergulhos, de subhorizontal a  $15^\circ$ , verificou-se que, em alguns pontos, o mergulho é bem acentuado, como na região a leste do Açude Pilões, onde é da ordem de  $80^\circ$  para NW, passando para  $20^\circ$ NE a W do mesmo açude. Outro fato interessante observado é que as direções das camadas não são constantes, e que as mesmas são concordantes com algumas das direções de esforços definidas para a região, como mostra a Tabela 5.2, fato que vem corroborar a hipótese que evidencia a reativação dos falhamentos em época posterior a sedimentação da Bacia do Rio do Peixe.

As rochas da Sequência Rio do Peixe apresentam características fotogeológicas bastante distintas das rochas do Embasamento Cristalino. Uma delas é o relevo que se caracteriza por uma superfície suavemente ondulada, fato bem observado tanto na imagem TM/LANDSAT como no mosaico semicontrolado de RADAR. Em termos de tonalidade de cinza, a Sequência Rio do Peixe e suas unidades são melhor definidas nas imagens TM/LANDSAT, tanto no visível como no infravermelho, e apresentam no geral uma tonalidade mais clara do que as rochas do Embasamento Cristalino. Mas, é na banda do infravermelho próximo que as unidades da Sequência Rio do Peixe são melhor definidas (Tabela 5.2).

A unidade I caracteriza-se por uma tonalidade cinza média a clara e uma textura fotográfica grosseira; a unidade II é caracterizada por uma tonalidade cinza média com textura fotográfica média; a unidade III apresenta tonalidade cinza médio a clara, com uma textura fotográfica fina a média.

TABELA 5.3

RELAÇÃO ENTRE AS DIREÇÕES DE ACAMAMENTO DAS UNIDADES DA SEQUÊNCIA RIO DO PEIXE E AS DIREÇÕES DE ESFORÇOS DEFINIDAS NA ÁREA DE ESTUDO.

ACAMAMENTO	DIREÇÕES DE ESFORÇOS
N20°W±5°	N20°W±5° *
N35°W±5°	N35°W±5° *
N40°E±5°	N40°E±5° *
N60°E±5°	N60°E±5° *
N60°W±5°	N60°W±5° *
EW±5°	EW±5° *

\* - direções de transcorrências e de falhamentos normais.

Comparando as Tabelas 5.1 e 5.3, verifica-se que a maioria das direções da foliação das rochas do Embasamento Cristalino são concordantes também com as direções do acamamento das rochas sedimentares, fato que mais uma vez evidencia a ação da reativação tectônica após a sedimentação da Bacia do Rio do Peixe.

### 5.1.3. Quaternário - (Q)

O Quaternário, na área de estudo, está representado pelas aluviões compostas desde areias grosseiras e cascalhos até areias finas e argilosas. Em termos da fotogeologia, as aluviões praticamente não se fazem representar no mosaico de RADAR, fato

que não acontece com as imagens TM/LANDSAT, onde são caracterizadas por uma tonalidade cinza claro (Tabela 5.2) e, em áreas onde são mais desenvolvidas, apresentam uma textura fotográfica de fina a média. Devido a escala do trabalho, somente as aluviões da Bacia do Rio do Peixe foram representadas em mapa (Figura 5.1).

## 5.2. ANÁLISE DE FRATURAMENTO

A análise do mapa de fotolineamentos na escala 1:250.000 permitiu a definição dos principais alinhamentos na área de estudo (Anexo B), que foram interpretados com apoio de dados bibliográficos e de campo no seu significado geológico. Como resultado, foram definidos importantes elementos estruturais como grandes falhamentos e as principais direções de esforços condicionantes do processo evolutivo da região.

O estudo da distribuição dos feixes de fraturas identificados na área mostrou a existência de regionalização e permitiu a definição de 8 (oito) direções preferenciais de esforços que podem indicar relações genéticas e idade relativa dos eventos evolutivos da região:

• NS±5°

Caracteriza a direção atual de falhas de empurrão (?) de alto ângulo de mergulho (vertical a subvertical) nas áreas de ocorrência do Embasamento Cristalino e da Bacia do Rio do Peixe.

- N25°E±5°

Caracteriza a direção atual de falhas de empurrão (?) de alto ângulo (vertical a sub-vertical), e de falhas de rejeito direcional conjugadas com falhas de gravidade, nas áreas de ocorrência do Embasamento Cristalino e da Bacia do Rio do Peixe, como também a direção da foliação das rochas do Embasamento Cristalino e dos eixos de dobras associadas.

- N40°E±5° e N35°W±5°

Direções atuais que caracterizam as falhas de rejeito direcional conjugadas com falhas de gravidade, nas áreas de ocorrência do Embasamento Cristalino e da Bacia do Rio do Peixe, e as direções das foliações gnáissicas e cataclásticas das rochas do Embasamento Cristalino e os eixos de dobras associadas a direções do acamamento das rochas sedimentares da Sequência Rio do Peixe.

- N60°E±5° e N60°W±5°

Direções atuais que caracterizam as falhas de rejeito direcional conjugadas com falhas de gravidade, nas áreas de ocorrência do embasamento cristalino e da Bacia do Rio do Peixe, as foliações gnáissicas e cataclásticas das rochas do Embasamento Cristalino e os eixos de dobras associadas e a direção do acamamento das rochas sedimentares da Sequência Rio do Peixe.

- EW±5°

Direção atual que caracteriza as falhas de rejeito



direcional conjugadas com falhas de gravidade, nas áreas de ocorrências do Embasamento Cristalino e da Bacia do Rio do Peixe, as foliações gnáissicas e cataclásticas das rochas do Embasamento Cristalino e eixos de dobras associadas e a direção do acamamento das rochas sedimentares da Sequência Rio do Peixe.

-  $N20^{\circ}W \pm 5^{\circ}$

Direção atual que caracteriza as falhas de rejeito direcional conjugadas com falhas de gravidade, nas áreas de ocorrência do Embasamento Cristalino e da Bacia do Rio do Peixe e a direção do acamamento das rochas sedimentares da Sequência Rio do Peixe.

#### 5.2.1. Análise Quantitativa dos Fotolineamentos

A análise do mapa dos eixos de máximos de frequência de fraturas (Figura 5.1 e 5.2) forneceu as seguintes informações:

-  $NS \pm 5^{\circ}$

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pelas direções  $NS \pm 5^{\circ}$  e  $EW \pm 5^{\circ}$ . Em alguns pontos, os eixos de máximos de frequência de fraturas também se orientam segundo as direções  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  e  $N20^{\circ}W \pm 5^{\circ}$ .

Na Bacia do Rio do Peixe identificou-se o seguinte:

1. Na sub-bacia de Brejo das Freiras, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se segundo as direções

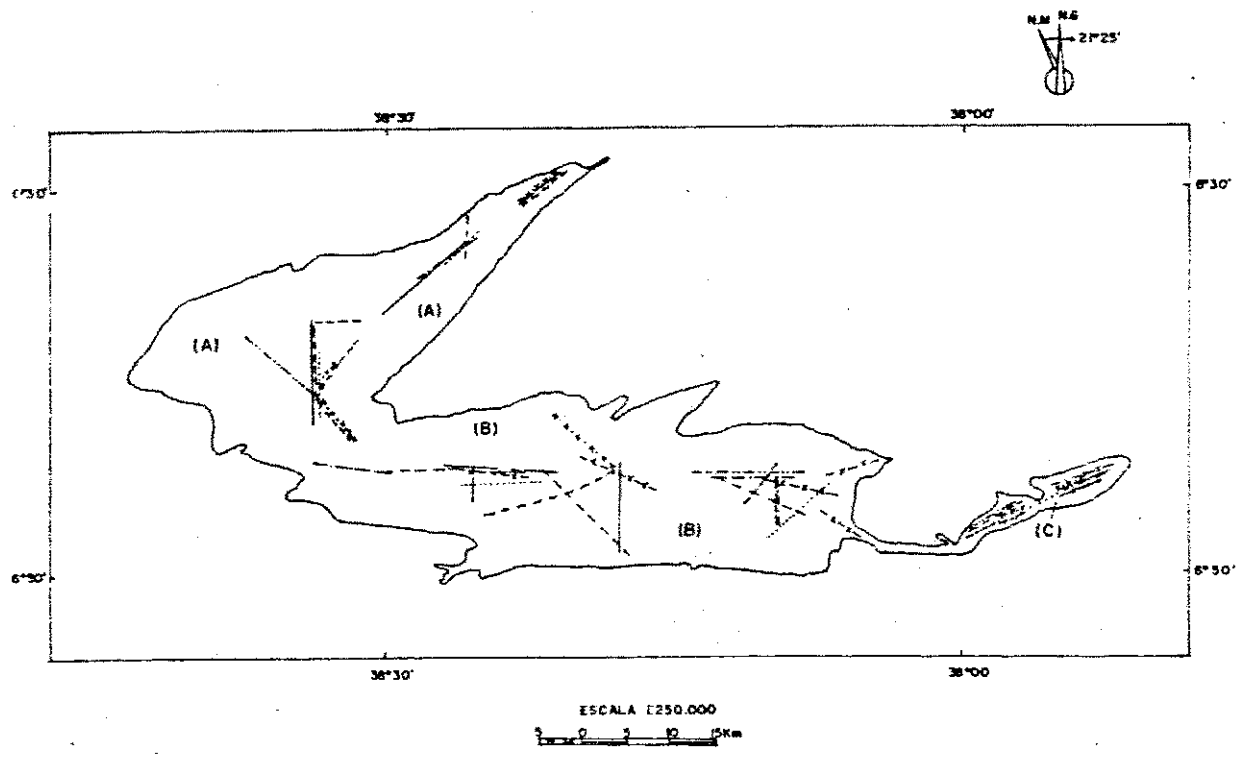


Figura 5.2 - Mapa de eixos dos máximos de frequência de fraturas. Bacia do Rio do Peixe:  
 (A) Sub-bacia Brejo das Freiras;  
 (B) Sub-bacia Sousa;  
 (C) Sub-bacia Pombal.

**LEGENDA**

- - eixo dos máximos de frequência de fraturas de direção  $NS \pm 5^\circ$
- - eixo dos máximos de frequência de fraturas de direção  $N25^\circ E \pm 5^\circ$
- - eixo dos máximos de frequência de fraturas de direção  $N40^\circ E \pm 5^\circ$
- X·X·X·X - eixo dos máximos de frequência de fraturas de direção  $N60^\circ E \pm 5^\circ$
- - eixo dos máximos de frequência de fraturas de direção  $EW \pm 5^\circ$
- X-X-X-X - eixo dos máximos de frequência de fraturas de direção  $N20^\circ W \pm 5^\circ$
- - eixo dos máximos de frequência de fraturas de direção  $N40^\circ W \pm 5^\circ$
- - eixo dos máximos de frequência de fraturas de direção  $N60^\circ W \pm 5^\circ$

$NS\pm 5^\circ$  e  $N40^\circ E\pm 5^\circ$ ;

2. Na sub-bacia de Sousa, os eixos de máximos de frequência de fraturas são controlados pelas direções  $NS\pm 5^\circ$  e  $EW\pm 5^\circ$ ;

3. Na sub-bacia de Pombal, o controle é exercido pela direção  $N60^\circ E\pm 5^\circ$ .

-  $N25^\circ E\pm 5^\circ$

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pela direção  $NS\pm 5^\circ$ . Em alguns pontos, os eixos de máximos de frequência de fraturas também são orientados segundo as direções  $N25^\circ E\pm 5^\circ$ ,  $N40^\circ E\pm 5^\circ$  e  $N60^\circ W\pm 5^\circ$ .

Na Bacia do Rio do Peixe identificou-se o seguinte:

1. Na sub-bacia de Brejo das Freiras, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente segundo a direção  $N40^\circ E\pm 5^\circ$ . Na porção sudeste e sudoeste aparece uma tendência de controle pela direção  $EW\pm 5^\circ$ ;

2. Na sub-bacia de Sousa, os eixos de máximos de frequência de fraturas são orientados na parte centro-oeste pela direção  $EW\pm 5^\circ$  e na parte leste da sub-bacia pelas direções  $NS\pm 5^\circ$  e  $EW\pm 5^\circ$ ;

3. Na sub-bacia de Pombal, o controle é feito segundo as direções  $N40^\circ E\pm 5^\circ$  e  $N60^\circ E\pm 5^\circ$ .

1. Na sub-bacia de Brejo das Freiras, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se segundo as direções  $N40^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ ,  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  e  $N35^{\circ}W\pm 5^{\circ}$ ;

2. Na sub-bacia de Sousa, os eixos de máximos de frequência de fraturas na parte central é controlada pela direção  $N35^{\circ}W\pm 5^{\circ}$ ;

3. Na sub-bacia de Pombal, o controle desta direção é feito por ela mesma.

-  $EW\pm 5^{\circ}$

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pelas direções  $NS\pm 5^{\circ}$  e  $EW\pm 5^{\circ}$ . Em alguns pontos, os eixos de máximos de frequência de fraturas também são orientados segundo as direções  $N40^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ ,  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  e  $N35^{\circ}W\pm 5^{\circ}$ .

Na Bacia do Rio do Peixe identificou-se o seguinte:

1. Na sub-bacia de Brejo das Freiras, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se segundo a direção  $NS\pm 5^{\circ}$ ;

2. Na sub-bacia de Sousa, os eixos de máximos de frequência de fraturas na parte oeste são fortemente controlados pela direção  $EW\pm 5^{\circ}$  e na parte central e leste o controle é feito segundo a direção  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ ;

3. Na sub-bacia de Pombal, o controle é exercido segundo

a direção  $N60^{\circ}E \pm 5^{\circ}$ .

-  $N20^{\circ}W \pm 5^{\circ}$

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente segundo as direções  $NS \pm 5^{\circ}$ ,  $EW \pm 5^{\circ}$ ,  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$ ,  $N20^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}W \pm 5^{\circ}$ .

Na Bacia do Rio do Peixe identificou-se o seguinte:

1. Na sub-bacia de Brejo das Freiras, o controle dos eixos de máximos de frequência de fraturas é exercido pelas direções  $EW \pm 5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}E \pm 5^{\circ}$ ;

2. Na sub-bacia de Sousa, os eixos de máximos de frequência de fraturas são controlados pela direção  $EW \pm 5^{\circ}$  e observou-se uma tendência de controle segundo as direções  $N60^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}W \pm 5^{\circ}$ ;

3. Na sub-bacia de Pombal, os eixos de máximos de frequência de fraturas o controle é feito segundo a direção  $N60^{\circ}E \pm 5^{\circ}$ .

-  $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pela direção  $EW \pm 5^{\circ}$ . Em alguns pontos, os eixos de máximos de frequência de fraturas se orientam segundo as direções  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$ ,  $N20^{\circ}W \pm 5^{\circ}$ ,  $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}W \pm 5^{\circ}$ .

Na Bacia do Rio do Peixe identificou-se o seguinte:

1. Na sub-bacia de Brejo das Freiras, os eixos de máximos de frequência de fraturas estão controlados por ela mesma;

2. Na sub-bacia de Sousa, os eixos de máximos de frequência de fraturas são fortemente controlados pela direção  $EW\pm 5^\circ$ ;

3. Na sub-bacia de Pombal, o controle é exercido segundo a direção  $N60^\circ E\pm 5^\circ$ .

-  $N60^\circ W\pm 5^\circ$

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pelas direções  $NS\pm 5^\circ$  e  $N40^\circ E\pm 5^\circ$ . Em alguns pontos, os eixos de máximos de frequência de fraturas se orientam segundo as direções  $EW\pm 5^\circ$ ,  $N60^\circ E\pm 5^\circ$ ,  $N35^\circ W\pm 5^\circ$  e  $N60^\circ W\pm 5^\circ$ .

Na Bacia do Rio do Peixe identificou-se o seguinte:

1. Na sub-bacia de Brejo das Freiras, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se segundo as direções  $NS\pm 5^\circ$  e  $N40^\circ E\pm 5^\circ$ ;

2. Na sub-bacia de Sousa, os eixos de máximos de frequência de fraturas na parte oeste são controlados pela direção  $EW\pm 5^\circ$  e na parte leste pela direção  $N40^\circ E\pm 5^\circ$ ;

3. Na sub-bacia de Pombal, o controle é exercido segundo a direção  $N60^\circ E\pm 5^\circ$ .

### 5.2.2 - Análise Qualitativa dos Fotolineamentos

A análise qualitativa dos fotolineamentos, foi realizada tendo como base as medidas de campo e dados das imagens TM/LANDSAT e de RADAR (Tabela 5.4), de maneira individual para cada uma das direções tanto para o Embasamento Cristalino como para a Bacia do Rio do Peixe.

- NS±5°

Em relação a toda área de estudo nas imagens TM/LANDSAT e RADAR, a intensidade de ocorrência desta direção corresponde a 13,5% (Tabela 5.4). Para o Embasamento Cristalino, esta intensidade é de 13,8% e para a área da Bacia do Rio do Peixe, a intensidade é menor e corresponde a 11,5%, sendo que na sub-bacia de Brejo das Freiras é de 10,9% e na sub-bacia de Sousa é de 12,0%.

No campo, verificou-se que para toda área de estudo a intensidade de ocorrência desta direção caiu para 7,8%. Quando analisamos o Embasamento Cristalino em separado, a intensidade de ocorrência no campo aumentou para 9,9%, enquanto que para a área da Bacia do Rio do Peixe esta direção ficou em 4,2%, sendo que na muito baixa, correspondendo a 2,6%. e na sub-bacia de Sousa a intensidade é de 5,8%.

Esta grande diferença na intensidade de ocorrência desta direção na Bacia do Rio do Peixe, em relação as imagens TM/LANDSAT e de RADAR e o campo, e entre a Bacia e o Embasamento Cristalino, possivelmente está relacionada ao pequeno número de

TABELA 5.4  
QUANTIDADE E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE FRATURAS (IMAGEM\CAMPO)

(continua)

Direções		Área de Estudo		E.C.		Bacia do Rio do Peixe		Sub-bacia Brejo das Freiras	
		imagem	campo	imagem	campo	imagem	campo	imagem	campo
N5±5°	quant. de fraturas	4.236	175	3.842	139	394	36	160	11
	frequência (%)	13,5	7,8	13,8	9,9	11,5	4,2	10,9	2,6
N25°E±5°	quant. de fraturas	4.192	314	3.818	254	374	60	189	13
	frequência (%)	13,4	13,9	13,7	18,2	10,9	7,0	12,9	3,1
N40°E±5°	quant. de fraturas	4.516	270	4.033	176	483	94	253	51
	frequência (%)	14,4	12,0	14,5	12,6	14,1	10,9	17,3	12,2
N60°E±5°	quant. de fraturas	4.158	244	3.566	112	592	132	223	41
	frequência (%)	13,3	10,8	12,8	8,0	17,3	15,4	15,2	9,8
EW±5°	quant. de fraturas	4.844	192	4.140	106	704	86	227	45
	frequência (%)	15,5	8,5	14,8	7,6	20,6	10,0	15,4	10,8
N20°W±5°	quant. de fraturas	1.810	425	1.599	295	211	130	101	45
	frequência (%)	5,8	18,8	5,7	21,1	6,2	15,2	6,9	10,8
N35°W±5°	quant. de fraturas	4.367	250	3.949	83	418	167	202	97
	frequência (%)	13,9	11,0	14,1	5,9	12,2	19,5	13,8	23,4
N60°W±5°	quant. de fraturas	3.209	387	2.963	234	246	153	112	114
	frequência (%)	10,2	17,2	10,6	16,7	7,2	17,8	7,6	27,3
T O T A L		31.332	2.257	27.910	1.399	3.422	858	1.467	417

(continuação da TABELA 5.4)

Direções		Sub-bacia Sousa		Parte Norte-E.C.		Parte Sul - E.C.		Parte Leste-E.C.		Parte Oeste-E.C.	
		imagem	campo	imagem	campo	imagem	campo	imagem	campo	imagem	campo
N5±5°	quant. de fraturas	234	25	1.423	22	446	51	1.257	60	716	5
	frequência (%)	12,0	5,8	12,9	6,8	13,2	10,5	15,8	11,8	12,8	5,8
N25°E±5°	quant. de fraturas	185	47	1.646	58	393	56	952	122	827	18
	frequência (%)	9,5	10,9	14,9	18,1	11,6	11,6	12,0	24,0	14,9	20,9
N40°E±5°	quant. de fraturas	230	43	1.814	48	395	41	1.067	48	757	39
	frequência (%)	11,8	9,9	16,5	14,8	11,7	8,5	13,4	9,5	13,7	45,3
N60°E±5°	quant. de fraturas	369	91	1.681	15	391	54	879	35	615	9
	frequência (%)	18,9	20,4	15,3	4,7	11,5	11,1	11,1	6,9	11,1	10,5
EW±5°	quant. de fraturas	477	41	1.280	25	898	51	1.129	30	833	0
	frequência (%)	24,4	9,5	11,6	7,9	26,5	10,5	14,2	5,9	15,0	0,0
N20°W±5°	quant. de fraturas	110	85	651	49	150	150	436	90	362	6
	frequência (%)	5,7	18,3	5,9	15,3	4,4	31,0	5,5	17,7	6,5	7,0
N35°W±5°	quant. de fraturas	216	70	1.515	14	378	39	1.136	21	740	9
	frequência (%)	11,0	16,2	13,7	4,4	11,2	8,1	16,6	4,1	13,4	10,5
N60°W±5°	quant. de fraturas	134	39	1.013	90	336	42	919	102	695	0
	frequência (%)	6,8	9,0	9,2	28,0	9,9	8,7	11,6	20,1	12,5	0,0
T O T A L		1.955	441	11.023	321	3.387	484	7.955	508	5.545	86

E.C. - Embasamento Cristalino.



afloramentos visitados das rochas da Sequência Rio do Peixe, embora em termos regionais no perímetro da Bacia do Rio do Peixe, aparentemente exerça um controle estrutural do relevo e da drenagem, fato perceptível nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR.

Verificou-se no campo que esta direção para o Embasamento Cristalino tem uma intensidade de ocorrência alta, mas que a sua distribuição espacial não é homogênea para toda área de estudo. As menores ocorrências estão a oeste e a norte e a maior a leste da área de estudo.

Não foi verificado no campo nenhuma direção da foliação e de ~~acamamento~~ concordante com esta direção e seu principal papel parece estar relacionado somente à tectônica rúptil, uma vez que caracteriza a direção de falhas de empurrão de alto ângulo.

Na Bacia do Rio do Peixe, esta direção apresenta-se menos desenvolvida na sub-bacia de Brejo das Freiras e mais desenvolvida na sub-bacia de Sousa, fato que corresponde a sua distribuição espacial na área de estudo.

- N25°E±5°

Para toda área de estudo, nas imagens TM/LANDSAT e RADAR, a intensidade de ocorrência desta direção corresponde a 13,4%. No campo, esta intensidade foi de 13,9% (Tabela 5.4). Para a área de ocorrência do Embasamento Cristalino nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, esta intensidade é 13,7% e no campo é de 18,2%. No campo, na parte oeste da área de estudo é que a

intensidade de ocorrência desta direção no Embasamento Cristalino se mostrou mais elevada, com um percentual de 20,9%, enquanto que para as demais áreas tem uma média de intensidade de ocorrência de 14,5%.

Para toda a área da Bacia do Rio do Peixe, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a intensidade é de 10,9%, sendo que na sub-bacia de Brejo das Freiras este número é 12,9% e na sub-bacia de Sousa é de 9,5%. No campo, a intensidade de ocorrência desta direção para toda área da Bacia do Rio do Peixe é de 7,0%, sendo que na sub-bacia de Brejo das Freiras é de 3,1% e na sub-bacia de Sousa é de 10,9%.

A baixa intensidade de ocorrência desta direção na sub-bacia de Brejo das Freiras em relação as imagens TM/LANDSAT e de RADAR, possivelmente esteja relacionada com o forte controle estrutural desta direção pela direção  $EW\pm 5^\circ$  (ver 5.2.1).

Esta direção caracteriza em parte a foliação das rochas do Embasamento Cristalino, falhas de empurrão de alto ângulo e falhamentos de rejeito direcional conjugadas com falhas de gravidade.

-  $N40^\circ E\pm 5^\circ$  e  $N35^\circ W\pm 5^\circ$

Para toda a área de estudo, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a intensidade de ocorrência na direção  $N40^\circ E\pm 5^\circ$  é de 14,4% e da direção  $N35^\circ W\pm 5^\circ$  é de 13,9%. No campo, a intensidade de ocorrência da direção  $N40^\circ E\pm 5^\circ$  é de 12,0% e da direção  $N35^\circ W\pm 5^\circ$  é de 11,0% (Tabela 5.4).

Na área do Embasamento Cristalino, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 14,5% e a da direção  $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  é de 14,1%. No campo, a intensidade de ocorrência da direção  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  é de 12,6%, enquanto que a direção  $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  é de 5,9%. A direção  $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  no campo tem as maiores intensidades de ocorrência nas partes sul e oeste da área de estudo (Tabela 5.4) e ocorre com menor intensidade na porção leste. A direção  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  na parte oeste da área de estudo é caracterizada como a direção que apresenta a maior intensidade de ocorrência, aparecendo 45,3%.

Para a área da Bacia do Rio do Peixe, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR a direção  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 14,1% e a da direção  $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  é de 12,2%. No campo, a direção  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 10,9% e a da direção  $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  é de 19,5%. Para a sub-bacia de Brejo das Freiras, nas Imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 17,3% e a direção  $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  é de 13,8%. No campo, a direção  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  é de 12,2% e a direção  $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  é de 23,4%. Na sub-bacia de Sousa nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 11,8% e da direção  $N35^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  é de 11,0%, enquanto que no campo a direção  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 9,9% e a da direção  $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  é de 16,2%.

De um modo geral, ambas as direções guardam proporções entre sua intensidade de ocorrência no campo e nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, embora no campo tenha-se verificado que a

intensidade de ocorrência da direção  $N35^{\circ}W\pm5^{\circ}$  é 50% maior para a sub-bacia de Sousa, do que nas imagens analisadas.

-  $N60^{\circ}E\pm5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}W\pm5^{\circ}$

Para toda a área de estudo, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a intensidade de ocorrência da direção  $N60^{\circ}E\pm5^{\circ}$  é de 13,3% e a da direção  $N60^{\circ}W\pm5^{\circ}$  é de 10,2%. No campo, a intensidade de ocorrência da direção  $N60^{\circ}E\pm5^{\circ}$  é de 10,8% e a da direção  $N60^{\circ}W\pm5^{\circ}$  é de 17,2% (Tabela 5.4). Na área do Embasamento Cristalino, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção  $N60^{\circ}E\pm5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 12,8% e a da direção  $N60^{\circ}W\pm5^{\circ}$  é de 10,6%. No campo, a direção  $N60^{\circ}E\pm5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 8,0%, enquanto que a direção  $N60^{\circ}W\pm5^{\circ}$  é de 16,7%. Nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção  $N60^{\circ}E\pm5^{\circ}$  no Embasamento Cristalino tem uma distribuição espacial homogênea nas porções sul, leste e oeste, e ocorre mais vezes na porção norte da área de estudo.

No campo, a direção  $N60^{\circ}W\pm5^{\circ}$  tem uma distribuição espacial não homogênea. Ela é mais desenvolvida a norte, com 28,0% de intensidade de ocorrência e a leste onde a sua de intensidade de ocorrência é de 20,1%. Na parte oeste da área de estudo, nos afloramentos visitados, esta direção não foi encontrada, embora nas imagens analisadas esta direção tenha uma distribuição praticamente homogênea.

Nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção  $N60^{\circ}W\pm5^{\circ}$  é bem definida na porção oeste-sudoeste da área de estudo e no

campo verificou-se que ela corresponde a direção da foliação das rochas do Embasamento Cristalino. A falta de registro da direção  $N60^{\circ}W\pm 5^{\circ}$  no campo, na porção oeste da área de estudo, pode estar relacionada com a pouca quantidade de afloramentos visitados e, de acordo com as imagens, é na porção sudoeste onde ela deve ter uma maior intensidade de ocorrência, área que no campo não foi visitada.

Para a área da Bacia do Rio do Peixe, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR a intensidade de ocorrência da direção  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  é de 17,3% e a da direção  $N60^{\circ}W\pm 5^{\circ}$  é de 7,2%. No campo, a direção  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 15,4% e a direção  $N60^{\circ}W\pm 5^{\circ}$ , 17,8%. Para a sub-bacia de Brejo das Freiras nas Imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 15,2% e a direção  $N60^{\circ}W\pm 5^{\circ}$  é 7,6%. No campo, a intensidade de ocorrência da direção  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  é de 9,8% e da direção  $N60^{\circ}W\pm 5^{\circ}$  é de 27,3%.

Na sub-bacia de Sousa, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 18,9% e a direção  $N60^{\circ}W\pm 5^{\circ}$  de 6,8%, enquanto que no campo a direção  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  tem uma intensidade de ocorrência de 20,4% e a direção  $N60^{\circ}W\pm 5^{\circ}$  de 9,0%. Ambas as direções guardam as proporções de intensidade de ocorrência entre as imagens TM/LANDSAT e de RADAR com o campo.

-  $EW\pm 5^{\circ}$

Para toda a área de estudo, nas imagens TM/LANDSAT e de

RADAR, a intensidade de ocorrência desta direção é de 15,5% (Tabela 5.4) e, no campo, a intensidade de ocorrência é de 8,5%. Na área do Embasamento Cristalino, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção tem uma intensidade de ocorrência de 14,8% e no campo, de 7,6%. No Embasamento Cristalino, foi encontrada nas porções norte, sul e leste da área de estudo, enquanto que nos afloramentos da parte oeste da área de estudo, ela não foi encontrada, embora nas imagens ela aparece em toda a área. Verificou-se no campo que esta direção também representa a foliação das rochas cristalinas.

Para a área da Bacia do Rio do Peixe, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, esta direção tem uma intensidade de ocorrência de 20,6% e no campo, de 10,0%. Na sub-bacia de Brejo das Freiras, nas Imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção tem uma intensidade de ocorrência de 15,4% e no campo, de 10,8%. Na sub-bacia de Sousa, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção tem uma intensidade de ocorrência de 24,4% e no campo de 9,5%.

A maior intensidade de ocorrência nas imagens utilizadas em relação ao campo, explica-se pelo fato desta direção ser a principal condicionante do relevo de direção EW, caracterizado como montanhoso, de difícil acesso, e no campo estas áreas foram as menos visitadas.

- N20°W±5°

Para toda a área de estudo, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a intensidade de ocorrência desta direção é de 5,8%, e no

campo, a intensidade de ocorrência é de 18,8% (Tabela 5.4). Na área do Embasamento Cristalino, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, esta direção tem uma intensidade de ocorrência de 5,7% e no campo de 21,1%. Nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, esta foi a direção que se apresentou com a menor porcentagem de intensidade de ocorrência no Embasamento Cristalino, embora na distribuição espacial possa ser considerada homogênea. No campo tal fato não foi observado. Nas partes sul e leste da área de estudo, esta direção é a que apresenta maior intensidade de ocorrência, cerca de 3 vezes mais que a média de intensidade de ocorrência das outras direções.

Para a área da Bacia do Rio do Peixe, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, esta direção tem uma intensidade de ocorrência de 6,2%, e no campo, de 15,2%. Na sub-bacia de Brejo das Freiras, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção tem uma intensidade de ocorrência de 6,9% e no campo de 10,8%. Na sub-bacia de Sousa, nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a direção tem uma intensidade de ocorrência de 5,7% e no campo de 18,3%.

A grande diferença entre a intensidade de ocorrência desta direção nas imagens TM/LANDSAT e RADAR e no campo, possivelmente deve-se ao fato que esta direção não teve um forte controle pelas outras direções (ver 5.2.1), o que pode mascarar seu registro nos produtos.

A análise da relação das intersecções dos feixes de fraturas de um modo geral não mostrou deslocamentos relativos de

grande amplitudes, nem truncamentos e nem mudanças significativas das direção, o que nos permite em termos de idade relativa considerar que os diferentes falhamentos podem ser considerados contemporâneos, de idade muito antiga e com caráter poliativo.

De um modo geral, a análise qualitativa dos fotolineamentos mostrou que tanto nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR como no campo, as 8 direções têm uma ocorrência praticamente homogênea na área de estudo, ocorrendo apenas uma variação significativa na direção  $N20^{\circ}W\pm5^{\circ}$  entre os produtos sensores utilizados e o campo (Tabela 5.4).

Na análise da área do Embasamento Cristalino, nas imagens TM/LANDSAT e RADAR, a proporção se mantêm, mas observa-se uma mudança quanto aos dados obtidos no campo. Nas medidas de campo cresce em muito as ocorrências das direções,  $N20^{\circ}W\pm5^{\circ}$ ,  $N60^{\circ}W\pm5^{\circ}$  e diminui bastante a intensidade de ocorrência das direções  $NS\pm5^{\circ}$ ,  $EW\pm5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}E\pm5^{\circ}$ .

Na análise da Bacia do Rio do Peixe, (em separado do Embasamento Cristalino), verifica-se que pelos dados das imagens diminui um pouco a frequência de ocorrência das direções  $NS\pm5^{\circ}$ ,  $N25^{\circ}E\pm5^{\circ}$ ,  $N35^{\circ}W\pm5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}W\pm5^{\circ}$  em relação a análise da área total (Tabela 5.4), enquanto que as direções  $N60^{\circ}E\pm5^{\circ}$ ,  $EW\pm5^{\circ}$  aparecem com uma alta frequência de ocorrência. No campo, observa-se uma queda acentuada na frequência de ocorrência das direções  $NS\pm5^{\circ}$ ,  $N25E\pm5^{\circ}$  e  $N20^{\circ}W\pm5^{\circ}$ , e um crescimento acentuado das direções  $N60E^{\circ}\pm5^{\circ}$  e  $N35W^{\circ}\pm5^{\circ}$ .



Os dados obtidos nas análises qualitativas e quantitativas e dos feixes de fraturas permitem algumas considerações das oito (8) direções definidas para a área de estudo.

De um modo geral, as direções são de idade muito antiga, contemporâneas, (como mostrou a análise quantitativa onde os eixos de máximos de frequência de fraturas, além de serem controladas por uma determinada direção, são também controladas pelas outras direções (Figura 5.1 e 5.3), porém de caráter poliativo, tiveram um papel importante na história evolutiva da região desde os tempos Pré-cambriano até o Fenerozóico superior.

Um fato importante a se notar é que a análise quantitativa também mostrou que os sistemas de fraturas identificados podem ser considerados como pertencentes a um mesmo episódio tectônico. A ativação Mesozóica destas direções possibilitou a instalação da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe e a sua complexa estruturação em sub-bacias estruturais. A análise qualitativa também mostrou que as principais direções condicionantes da Bacia do Rio do Peixe são:

- Sub-bacia de Brejo das Freiras -  $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$ ;
- Sub-bacia de Sousa -  $EW \pm 5^{\circ}$ ;
- Sub-bacia de Pombal -  $N60E^{\circ} \pm 5^{\circ}$ .

A integração dos dados da fotointerpretação da análise dos fotolineamentos e fotoalinhamentos permitiu a definição de

falhamentos associados as oito direções de esforços definidas no presente trabalho.

Para a análise destes falhamentos, foram estudados e aplicados os modelos de REIDEL (1929), VIALON et alii (1976) e SADOWSKI (1983), Figura 5.3.

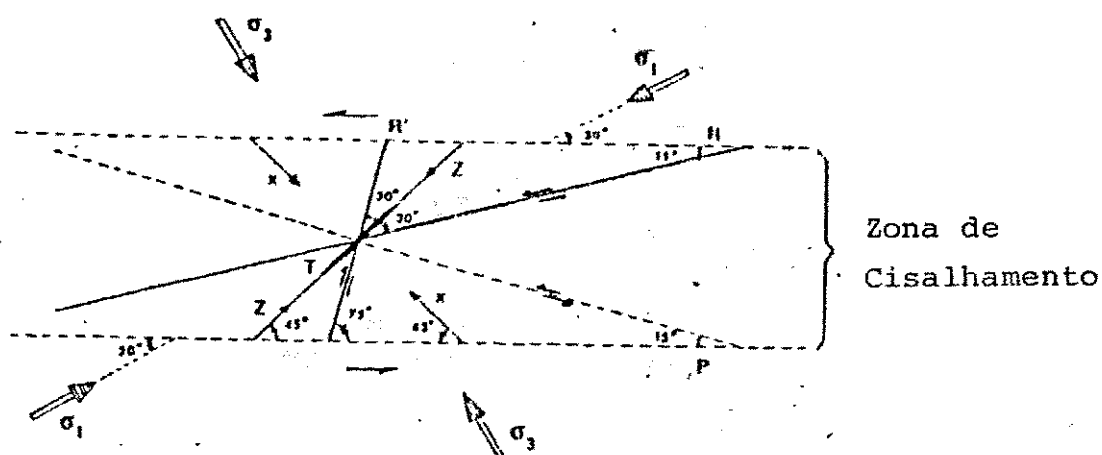


Figura 5.3 - Representação do modelo de zona de cisalhamento de REIDEL (1929).

T - falhas de extensão (tração); R e R' - sistema conjugado de REIDEL (1929) (falhas transcorrentes sintéticas e antitéticas); P - falhas transcorrentes simétrica a R.

FONTE: VIALON et alii (1976).

VIALON et alii (1976) e SADOWSKI (1983 e 1984), apresentaram o modelo de REIDEL para zonas de cisalhamento, que define quatro famílias de fraturas secundárias (Figura 5.4) a partir da associação binária de esforços de compressão e tração (BARBOSA, 1988 e 1990).

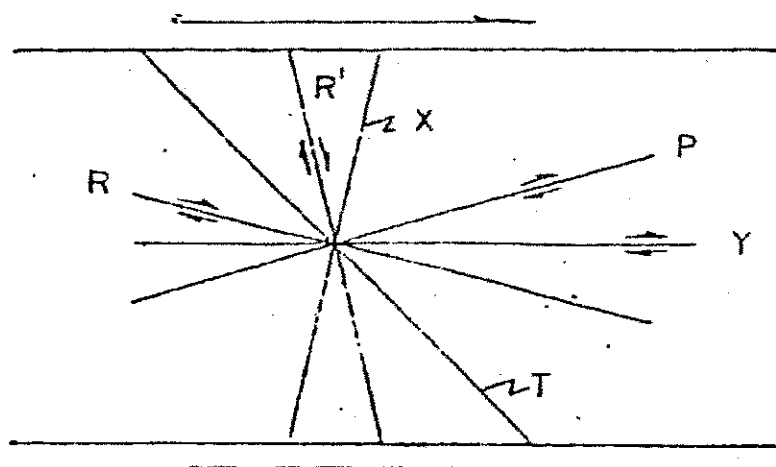
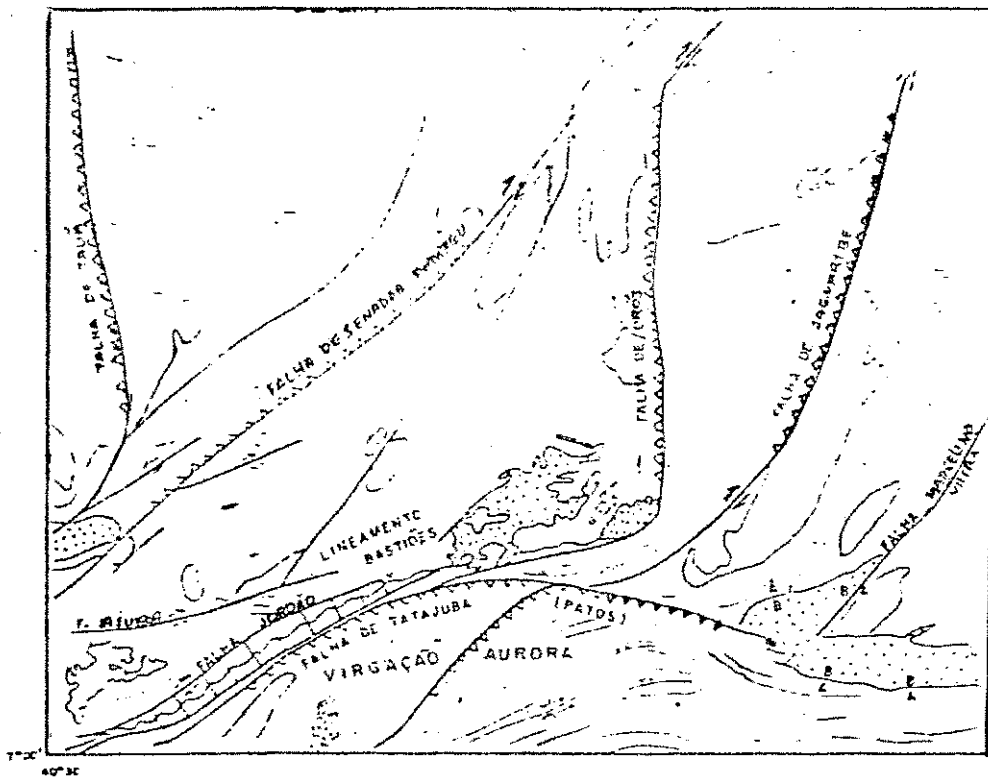


Figura 5.4 - Sistema de fraturas na zona de cisalhamento.

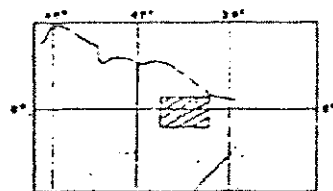
X, Y - famílias de fraturas definidas por SADOWSKI (1983), onde Y - são fraturas "paralelas" a zona de cisalhamento e X - fraturas simétricas a "R" em relação a zona de cisalhamento.

FONTE: SADOWSKI (1983).

SADOWSKI (1983), no nordeste brasileiro (Figura 5.5), e BARBOSA (1988), na região do Espinhaço Meridional e adjacências, no estado de Minas Gerais, verificaram que a partir dos estudos de deformação associada a falhas de empurrão e/ou a partir da relação angular dos lineamentos, e utilizando os modelos acima, é possível definir falhamentos transcorrentes responsáveis por estruturas inversas de alto ângulo e dobramentos associados, identificando-se desta maneira os modelos binários para zonas de cisalhamento.



LOCALIZAÇÃO DO ESQUEMA



FONTE - PROJETO JAGUARIBE - CPRM  
(MODIFICADO)

LEGENDA

- TRAÇO AXIAL E PLUNGE
- DIREÇÕES DE FOLIAÇÃO
- ≡ FALHA TRANSCORRENTE
- ▼ FALHA DE COMPONENTE INVERSO
- ▲ FALHA DE COMPONENTE NORMAL
- ▨ COBERTURAS SEDIMENTARES
- ▩ DOMO GNAISSO-GRANITOÍDE
- PLUTONS
- ▤ COMPLEXO METAMÓRFICO

Figura 5.5 - Sistema de falhas do Nordeste.

FONTE: SADOWSKI (1983).

No presente trabalho, a análise das relações dos fotolineamentos e fotoalinhamentos forneceu em determinadas áreas da região em apreço indícios de transcorrências expressas pelos elementos texturais de relevo e drenagem identificados nas imagens TM/LANDSAT e RADAR.

Aplicando-se o modelo de REIDEL (op. cit.) acima citado, com as modificações de SADOWSKI (op. cit.), verificou-se que os fotoalinhamentos que mostram indícios de movimentação horizontal, guardam entre si uma relação angular compatível com aquela apresentada nos modelos de REIDEL (op. cit.) e SADOWSKI (1983). Como resultado desta análise, dois sistemas de cisalhamento foram determinados para a área de estudo.

Um sistema dextral EW para o qual foram definidos os seguintes falhamentos:

$Y_1$  - falhas de rejeito direcional com deslocamento para E, de direção  $EW \pm 5^\circ$  paralelo a sub-paralelo a direção geral do lineamento de Patos de direção EW.

Com esta direção, relaciona-se também a foliação cataclástica e fraturamento associado, decorrentes da transcorrência. É uma das direções condicionantes da Bacia do Rio do Peixe, principalmente da sub-bacia de Sousa, tendo um papel importante na sua estruturação, como atesta o alto estrutural, localizado ao sul da cidade de Sousa, identificado no Mapa da Rede de Drenagem e de Linhas de Tendência de Fluxo de Água Subterrânea (ANEXO D). Com estes falhamentos, encontram-se também

associadas falhas de gravidade.

$R_1$  - falhas de rejeito direcional destrais de direção aproximada  $N60^\circ-N70^\circ W$ . É sintética a  $Y_1$  e forma com esta um ângulo de  $\pm 20^\circ$ . Com as falhas  $R_1$ , encontram-se associadas falhas de gravidade. A principal representante deste sistema é a falha de Malta, que controla a borda sul da Bacia do Rio do Peixe.

$R'_1$  - falhas de rejeito direcional sinestrais conjugadas com falhas de gravidade de direção aproximada a  $N20^\circ W \pm 5^\circ$ , forma um ângulo de  $\pm 50^\circ$  com  $R_1$ , e é antitética a esta.

$P_1$  - falhas de rejeito direcional destrais de direção próxima a  $N60^\circ-70^\circ E$  compatível com a direção  $N60^\circ E \pm 5^\circ$ . É sintética a  $Y_1$ , e forma com esta um ângulo de  $\pm 20^\circ$ , sendo simétrica a  $R_1$ . Com as falhas  $P_1$ , também associam-se falhas de gravidade. Desenvolve-se paralelamente a  $T_2$ .

$T_1$  - falha de tração, de direção aproximada  $N35^\circ W \pm 5^\circ$ , formando um ângulo de  $\pm 15^\circ$  com  $R_1$ . Desenvolve-se paralelamente a  $P_2$ .

$X_1$  - falhas inversas de alto ângulo com direção próxima a  $NS^\circ \pm 5^\circ$ , sendo a principal representante na área a falha de Jaguaribe (SADOWSKI, 1983 e 1984).

Para este sistema de cisalhamento, a direção principal de esforço  $\sigma_1$  foi de  $N60^\circ W \pm 5^\circ$  para SE.

O segundo sistema de cisalhamento de direção próxima a  $N60^\circ \pm 5^\circ$  tem caráter sinistral, oposto ao caráter dextral do

primeiro sistema.

Com com este segundo sistema de cisalhamento estão relacionados os seguintes falhamentos:

$Y_E$  - falhas de rejeito direcional, de direção próxima a  $N55^\circ-60^\circ W$ , paralelas a 2ª zona de cisalhamento e a  $\sigma_1$ .

$R_E$  - falhas de rejeito direcional sinestrais, de direção aproximada a  $N75^\circ-85^\circ W$  a subparalela. É sintética a  $Y_E$ , formando um ângulo de  $\pm 15^\circ$  com  $Y_E$ .

$R'_E$  - falhas de rejeito direcional destrais, antitética a  $R_E$ , de direção aproximada a  $N40^\circ E \pm 5^\circ$  e forma um ângulo de  $\pm 70^\circ$  com  $R_E$ , sendo as principais representantes as falhas de Encanto e Porto Alegre.

$P_E$  - falhas de rejeito direcional sinestrais, de direção aproximada a  $N35^\circ-45^\circ$ , formando um ângulo de  $\pm 20^\circ$  com  $Y_E$ , é simétrica a  $R_E$  e paralela a  $T_1$ .

$T_E$  - falha de tração, com direção próxima a  $N60^\circ E \pm 5^\circ$ , formando um ângulo de  $\pm 20^\circ$  com  $R'_E$ . Desenvolve-se paralelamente a  $P_1$ .

$X_E$  - falha inversa de alto ângulo de direção próxima a  $N25^\circ E \pm 5^\circ$ .

Para o sistema de cisalhamento  $Y_E$ , a direção principal de esforços  $\sigma_2$ , foi de SE para  $N80^\circ W$ .

Todas as direções relacionadas com os falhamentos direcionais (de ambos os sistemas), identificados na área de estudo, a partir da aplicação do modelo de REIDEL (1929), foram checados no campo. Além dos indícios de movimentos horizontais, foram observados também indícios de movimentos verticais, que explicam a reativação tectônica mezosóica, que possibilitou a instalação da Bacia do Rio do Peixe, quando falhamentos direcionais foram reativados como falhamentos normais.

As falhas  $X_1$  e  $X_2$  são falhas inversas de alto ângulo, que possivelmente devido aos esforços de NW para SE e de SE para NW, apresentam-se praticamente verticalizadas. No campo, devido ao tempo disponível, não foi possível identificar indícios de cavalgamentos. Deste modo, em termos hidrogeológicos, podemos afirmar que, pelas direções próximas ao intervalo  $NS^\circ \pm 5^\circ$  a  $N25^\circ E \pm 5^\circ$ , se desenvolvem falhas e fraturas fechadas. As falhas  $T_1$  e  $T_2$ , de direções próximas a  $N35^\circ W \pm 5^\circ$  e  $N60^\circ E \pm 5^\circ$ , representam as principais direções de fraturas e falhas abertas. As falhas  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $R_1'$  e  $R_2'$  são falhas de rejeito direcional reativadas como falhas gravitacionais, e associados a elas podem se desenvolver fraturas e falhas abertas.

### 5.2.3. Análise da Assimetria da Rede de Drenagem e de Relevo

De um modo geral, a drenagem da área de estudo, no Embasamento Cristalino apresenta um padrão dendrítico, com alta densidade dos elementos texturais e com um grau médio de uniformidade, tendo em vista que na porção NW da área de estudo a



densidade dos elementos texturais é mais baixa. Na da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, a drenagem também tem um padrão dendrítico, com uma densidade menor de elementos texturais, e uma uniformidade alta, o que bem caracteriza a área das rochas sedimentares, que possuem uma permeabilidade maior do que as rochas do sistema cristalino.

A análise da assimetria de relevo e drenagem dá indicativos da tendência do fluxo da água subterrânea (Anexo C). Como resultado desta análise, foram traçadas as linhas de tendência de fluxo das águas subsuperficiais (Anexo C), que nos permitiram as seguintes observações, em termos estruturais:

#### 5.2.3.1. Embasamento Cristalino

- Na porção oeste da área de estudo na região de Aurora (CE)-Lavras da Mangabeira (CE)-Icó (CE), a tendência do fluxo é de E para W, em direção a calha do Rio Jaguaribe e a oeste deste rio, é de W para E, evidenciando o controle do fluxo subterrâneo pelo baixo estrutural de direção NS, no qual está encaixado o Rio Jaguaribe.

- Na porção norte, a leste de Luis Gomes (RN), a tendência do fluxo é na direção N.

- Na porção a norte da Bacia do Rio do Peixe, na região de Luis Gomes (RN)-Santa Cruz (PB)-Bom Sucesso (PB), as linhas de tendência mostram que a direção principal do fluxo da água subterrânea é em direção a borda norte da Bacia (em direção a

calha principal do Rio do Peixe), evidenciando um alto estrutural do Embasamento Cristalino de direção EW, na região, dos municípios de Major Sales (RN)-Luis Gomes (RN)-Lastro (PB).

- Na porção a sul da Bacia do Rio do Peixe, na região de Cajazeiras (PB)-Nazarezinho (PB)-São José da Lagoa Tapada (PB), de um modo geral, as linhas de tendência mostram um fluxo de água subterrânea em direção à borda sul da Bacia.

- Na porção a leste da Bacia do Rio do Peixe, verifica-se uma constância na tendência do fluxo de água subterrânea em direção a calha do Rio Piranhas, tanto de S para N, como de N para S. É interessante frisar que, apesar da tendência geral do fluxo ser em direção à calha do Rio Piranhas, observa-se que as linhas de tendência de fluxo de água subterrânea delimitam altos e baixos estruturais, de direções diversas, coincidentes com as direções de esforços definidas neste trabalho, mostrando que o Embasamento Cristalino da área de estudo apresenta uma estrutura em mosaico, onde é característica a alternância de altos e baixos estruturais.

#### 5.2.3.2.2. Bacia Sedimentar do Rio do Peixe

Em relação a Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, as linhas de tendência de fluxo da água subterrânea mostraram o seguinte:

- Na sub-bacia Brejo das Freiras, a tendência do fluxo da água subterrânea é convergir para a região do Açude Pilões,

dando indicativo de ser esta região a parte mais profunda da sub-bacia.

- Na região da cidade de São João do Rio do Peixe, na porção oeste da sub-bacia de Sousa, há uma tendência do fluxo ser de N para S (ao longo da margem esquerda do Rio do Peixe) e de S para N (ao longo de sua margem direita), indicando estar a calha principal do Rio do Peixe encaixada em um baixo estrutural.

- Na parte leste da Bacia do Rio do Peixe, as linhas de tendência de fluxo dão uma evidência da existência de um alto estrutural, não muito bem definido, na região da cidade de Sousa, onde as linhas de tendência de fluxo subterrâneo mostram o seguinte:

a) Um alto estrutural alongado que aparece a norte do Açude de São Gonçalo de direção NE que, em seguida, muda bruscamente para a direção EW, estendendo-se longitudinalmente ao longo da Bacia e a sul da cidade de Sousa, até as proximidades do distrito de Aparecida, seccionando a sub-bacia de Sousa em 2 (dois) baixos estruturais: um ao norte, mais largo e o outro ao sul do alto estrutural, mais estreito.

b) A sul do alto estrutural, as linhas de tendência mostram uma convergência do fluxo de água subterrânea em direção à calha do Rio Piranhas Velho, até a região de confluência com o Rio do Peixe, onde é formado o Rio Piranhas.

A partir da junção dos rios do Peixe e Piranhas Velho, a tendência do fluxo é a mesma descrita para a área cristalina,

na porção leste da área de estudo.

### 5.3 - AREAS FAVORÁVEIS A PESQUISA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Seguindo os critérios estabelecidos na Tabela 3.2, as áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea foram discriminadas no Mapa Integrado (Anexo D), que reúne informações sobre lineamentos estruturais, feixes de fraturas (juntas) e linhas de tendência de fluxo de água subterrânea. As áreas assinaladas no Mapa Integrado referem-se apenas a algumas daquelas que ocupam a posição de prioridade máxima dentro da Tabela 3.2. As demais áreas ficam implícitas neste Mapa, podendo ser discriminadas através desta Tabela. Algumas áreas de prioridade baixa para água subterrânea também foram relacionadas como exemplo e confrontadas com os dados dos poços perfurados. X

Na delimitação das áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea, adotou-se o mesmo princípio de SAMPAIO (1987), e foi feita através de círculos segmentados, como forma de enfatizar que seus limites são apenas estimados. Dessa forma, optou-se neste trabalho por círculos com um mesmo comprimento de raio, igual 2,0 cm. Tal fato implica dizer que as pesquisas que forem desenvolvidas nestas áreas deverão ser iniciadas, preferencialmente, a partir do ponto central dos círculos e rumo às bordas. Além disso, as pesquisas deverão se concentrar ao longo das feições maiores (lineamentos), já que são consideradas estruturas favoráveis ao acúmulo de água subterrânea.

Na área de estudo, comprovou-se a existência de

estruturas configuradas sob a forma de sistemas conjugados, que têm prioridade máxima na Tabela 3.2 acima mencionada. Com isso, considerou-se como setores prioritários os cruzamentos dos sistemas conjugados abertos, feixe x feixe, feixe x lineamento(s) e lineamento(s) x lineamento(s), que correspondem às posições AI1, AI2 e AI3 na Tabela 3.2.

No presente trabalho, foram delimitadas 36 (trinta e seis) áreas de maior potencialidade à pesquisa de água subterrânea, 28 (vinte e oito) no Embasamento Cristalino e 8 (oito) nos limites da Bacia do Rio do Peixe) e 3 (três) áreas no Embasamento Cristalino de baixa potencialidade à pesquisa de água subterrânea, representadas pelos cruzamentos feixe x lineamento(s) e lineamento(s) x lineamento(s).

### 5.3.1. Elementos Estruturais Abertos

#### 5.3.1.1. Área Cristalina

- Na porção sudoeste da área de estudo, compreendida pela região de Cajazeiras (PB)-Aurora (CE)-Lavras da Mangabeira (CE), foram selecionadas 7 áreas com prioridade à pesquisa de água subterrânea, sendo 2 do tipo AI1 (áreas III e VII); 4 do tipo AI2 (áreas II, IV, V e VI) e 1 do tipo AI3 (área I). As áreas estão distribuídas da seguinte maneira:

- Áreas II e III a SE de Lavras da Mangabeira;
- Áreas IV, VI e VII a SW de Santa Helena;

- Áreas I e V a W e SW de Cajazeiras.

Dependendo do tipo de estruturas envolvidas em cada área, pode-se ter dentro de um mesmo tipo áreas mais ou menos favoráveis ao acúmulo de água subterrânea. Por exemplo, as áreas III e VII do tipo AI1 são caracterizadas pelo cruzamento de estruturas abertas feixe x feixe; no entanto, a área III é cortada também por uma falha de rejeito direcional, que na área de estudo é caracterizada também como falha normal. Dessa maneira, a área III deve ser a área que merece maior atenção.

A área I caracteriza-se pelo cruzamento lineamento x lineamento de direções próximas a  $N60^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  e em uma área de convergência de fluxo. Neste local, existe um poço profundo que, segundo dados do cadastro de poços da CDRM, tem uma vazão de  $6,0 \text{ m}^3/\text{h}$ , com 35,0 metros de profundidade, que se posiciona no ponto de cruzamento dos lineamentos.

- Na porção NW, região de Pio X (CE)-Luis Gomes (RN)-Icó (CE), foram selecionados quatro áreas, sendo duas do tipo AI1 (áreas VIII e X) e duas do tipo AI3 (áreas IX e XI). Diferentemente da porção SW, aqui estas áreas ocorrem de maneira dispersa.

- Na porção norte, região de Luiz Gomes (RN)-Santa Cruz (PB)-Bom Sucesso (PB), foram selecionadas cinco áreas, sendo uma do tipo AI1 (área XIV), quatro do tipo AI2 (áreas XII, XIII, XV e XVI). A maioria das áreas estão dispostas segundo a direção NE, posicionando-se a oeste da cidade de Santa Cruz (PB).

Na área XVI, que caracteriza-se pelo cruzamento feixe x lineamento(s) encontra-se locado um poço sobre o cruzamento das falhas de direções próximas a  $N35^{\circ}W\pm5^{\circ}$ ,  $N60^{\circ}E\pm5^{\circ}$ ,  $NS\pm5^{\circ}$  com o feixe  $N40^{\circ}E\pm5^{\circ}$ . Sua vazão é de  $10,0 \text{ m}^3/\text{h}$  a uma profundidade de 41,6 metros.

- Na porção nordeste, região de Bom Sucesso (PB)-Riacho dos Cavalos (PB)-Paulista (PB), foram selecionadas seis áreas, sendo duas do tipo AI1 (áreas XXI e XXII), três do tipo AI2 (áreas XVII, XVIII e XIX) e uma do tipo AI3 (área XX). Na área XXI existe um poço com vazão de  $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$ , de 33,0 metros de profundidade, locado sobre um lineamento de direção próxima a direção  $N20^{\circ}W\pm5^{\circ}$ , que corta o cruzamento do feixe de direção  $N35^{\circ}W\pm5^{\circ}$ , com o feixe de direção  $N40^{\circ}E\pm5^{\circ}$ . Na área XVIII encontra-se locado um poço sobre uma falha de direção  $N60^{\circ}E\pm5^{\circ}$ , que corta o feixe de direção  $N35^{\circ}W\pm5^{\circ}$ , com uma vazão média de  $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$  e 48,0 metros de profundidade.

- Na porção sudeste, região de Condado (PB)-Pombal (PB), foram selecionadas quatro áreas, sendo uma do tipo AI1 (área XXVI), uma do tipo AI2 (área XXIII) e duas do tipo AI3 (áreas XXIV e XXV). Na área XXIII, o poço locado sobre o cruzamento de três falhas de direções próximas à  $EW\pm5^{\circ}$ ,  $N40^{\circ}E\pm5^{\circ}$  e  $N35^{\circ}W\pm5^{\circ}$  com o feixe de fraturas de direção próxima a  $N60^{\circ}W\pm5^{\circ}$  têm uma vazão de  $18,0 \text{ m}^3/\text{h}$ , com 51,0 metros de profundidade, e o poço da área XXIV locado no encontro de três falhas de direções próximas à  $N40^{\circ}E\pm5^{\circ}$ ,  $N60^{\circ}E\pm5^{\circ}$  e  $N35^{\circ}W\pm5^{\circ}$  apresentou uma vazão de  $15,0 \text{ m}^3/\text{h}$  com 8,7 metros de profundidade.

Por último, na porção sul, na região de São José da Lagoa Tapada (PB)-Divinópolis (PB), foram selecionadas duas áreas do tipo AI3 (áreas XXVII e XXVIII). Na área XXVII existe um poço locado no cruzamento de duas falhas de direções próximas à  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}W\pm 5^{\circ}$ , com uma vazão de  $10,0 \text{ m}^3/\text{h}$  a uma profundidade de 24,7 metros. Na área XXVIII, encontra-se um poço locado no cruzamento das falhas de direção próxima à  $N35^{\circ}W\pm 5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  com uma vazão de  $15,0 \text{ m}^3/\text{h}$  a uma profundidade de 42,5 metros.

#### 5.3.1.2. Área Sedimentar

A área sedimentar compreende as rochas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe. A descrição das áreas mais favoráveis à pesquisa de água subterrânea é dada abaixo, por sub-bacias.

##### 5.3.1.2.1. Sub-bacia de Brejo das Freiras

Na sub-bacia de Brejo das Freiras foram selecionadas três áreas, sendo duas do tipo AI1 (áreas A e B) e uma do tipo AI2 (área C).

A área A caracteriza-se pelo cruzamento de feixes de fraturas com as seguintes direções:  $N35^{\circ}W\pm 5^{\circ}$ ,  $N40^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ ,  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  e  $EW\pm 5^{\circ}$ . A área B caracteriza-se somente pelo cruzamento dos feixes de fraturas de direção  $EW\pm 5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ . Nenhum dado de poços referente a essa área foi encontrada na bibliografia.

A área C caracteriza-se pelo cruzamento de falhamento



de direção próxima à  $N35^{\circ}W\pm 5^{\circ}$  com o feixe de fraturas de direção  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ . Dentro dos limites da área C existe um poço locado com uma vazão de  $15,0 \text{ m}^3/\text{h}$  a uma profundidade de 135,0 metros (Formação Antenor Navarro).

#### 5.3.1.2.2. Sub-bacia de Sousa

Na sub-bacia de Sousa foram selecionadas três áreas, sendo duas do tipo AI2 (áreas E e F) e uma do tipo AII5 (área D).

As áreas E e F caracterizam-se pelo cruzamento de feixe de fraturas de direção próxima à  $N40^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  e os lineamentos de direções próximas à  $N35^{\circ}W\pm 5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ . A área D, caracteriza-se pelo cruzamento de lineamentos de direções próximas à  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  e  $N35^{\circ}W\pm 5^{\circ}$  em zona de descontinuidade. Na área D, sobre o ponto de cruzamento das fraturas, está locado um poço com uma vazão de  $12 \text{ m}^3/\text{h}$  a uma profundidade de 60,0 metros (Formação Sousa).

#### 5.3.1.2.3 Sub-bacia de Pombal

Na sub-bacia de Pombal foram selecionadas duas áreas, sendo que uma do tipo AI2 (área H) e uma do tipo AI3 (área G).

A área H encontra-se no extremo NE da sub-bacia e se caracteriza pelo cruzamento de feixe de fraturas de direção próxima à  $N70^{\circ}E$  e os lineamentos de direção próxima à  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  e  $N35^{\circ}W\pm 5^{\circ}$ .

A área G, localizada próxima ao centro da sub-bacia, caracteriza-se pelo cruzamento de lineamentos de direções

próximas a  $N60^{\circ}E\pm 5^{\circ}$  e  $N60^{\circ}W\pm 5^{\circ}$ .

### 5.3.1.3. Áreas com Baixa Potencialidade à Pesquisa de Água Subterrânea

#### 5.3.1.3.1. Área 1

Esta área é do tipo CI2, localizada na porção sudeste (região de Pombal-Condado (PB)) é caracterizada pelo cruzamento de feixe de fraturas de direção próxima à  $N50^{\circ}W$  e por um lineamento de direção próxima à  $N35^{\circ}W\pm 5^{\circ}$ . Embora os dois elementos estruturais, no presente trabalho, sejam considerados "abertos", o cruzamento deles se dá numa área onde as linhas de tendência de fluxo tem um caráter divergente. Nesta área existem dois poços locados sem nenhuma vazão (poços secos).

#### 5.3.1.3.2. Área 2

Localizada a oeste da cidade de Pombal, é do tipo CI3 e caracteriza-se pelo cruzamento de dois lineamentos de direções próximas à  $N35^{\circ}W\pm 5^{\circ}$  e  $NS\pm 5^{\circ}$ , sendo que a direção  $NS\pm 5^{\circ}$  é considerada de elementos estruturais fechados por ter sido caracterizada como direção de falhas inversas (estruturas compressivas), de alto ângulo, de acordo com o modelo de RIEDEL/SADOWSKI. Além disso, as linhas de tendência de fluxo nesta área têm caráter divergente.

### 5.3.1.3.3. Área 3

Localizada na porção nordeste da área (região de Bom Sucesso (PB)-Riacho dos Cavalos (PB)-Paulista (PB)), é do tipo CIII1 e caracteriza-se pela presença de um único feixe (sem cruzamento com outros elementos estruturais) de direção próxima à  $N25^{\circ}E \pm 5^{\circ}$ . Esta direção, caracteriza a direção atual de falhas de empurrão de alto ângulo Estruturas compressivas). Além disso, este feixe localiza-se em zona de fluxo divergente da água subterrânea. Nesta área existe um poço cuja vazão é nula.

Na análise acima, verifica-se que dentre as estruturas abertas, o cruzamento feixe x lineamento(s) foi o mais encontrado, com 12 (doze) ocorrências no Embasamento Cristalino e 5 (cinco) na Bacia do Rio do Peixe, sendo 2 (duas) na sub-bacia Antenor Navarro, 2 (duas) na sub-bacia de Sousa e 01 (uma) na sub-bacia de Pambal; em seguida, o cruzamento feixe x feixe, com 9 (nove) ocorrências no Embasamento Cristalino e 2 (duas) na sub-bacia Antenor Navarro; e, por último o cruzamento lineamento(s) x lineamento(s), com apenas 7 (sete) ocorrências no Embasamento Cristalino e 2 (duas) ocorrências na Bacia do Rio do Peixe, uma na sub-bacia de Sousa e outra na de Pombal. As principais direções presentes nas áreas de maior probabilidade à pesquisa de água subterrânea, tanto no Embasamento Cristalino como na Bacia do Rio do Peixe, quando a tendência do fluxo de água subterrânea é concordante, são:

- $N60^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  representando 39,4% - direção das falhas  $T_2$  e  $P_1$  do modelo de RIEDEL (1929).

- $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  representando 27,3% - direção das falhas  $P_2$  e  $T_1$  do modelo de RIEDEL (op. cit.).
- $N40^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  representando 12,1% - direção das falhas  $R'_2$  do modelo de RIEDEL (op. cit.).
- $N60^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  e  $EW^{\circ} \pm 5^{\circ}$  cada uma representando 9,0% - direções das falhas  $Y_2$  e  $Y_1$  segundo o modelo de SADOWSKI (1983).
- $NS \pm 5^{\circ}$  representando 3,2% - direção das falhas  $X_1$  do modelo de SADOWSKI (1983).

Dessa maneira, as melhores áreas para a pesquisa de água subterrânea na área de estudo estão relacionadas com as direções:

- $N60E \pm 5^{\circ}$ , que no Embasamento Cristalino teve uma intensidade de ocorrência de 12,8% nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR e de 8,0% no campo, para a área da Bacia do Rio do Peixe; nas imagens a intensidade de ocorrência é de 17,3% e no campo de 15,4%. No Embasamento Cristalino, esta direção é verificada com maior frequência na porção sul e menos na porção norte da área de estudo. Na sub-bacia de Brejo das Freiras, tem-se cerca de 50% menos que na sub-bacia de Sousa.

- $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$ , que no Embasamento Cristalino tem uma intensidade de ocorrência nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR DE 14,1% e no campo de 5,9%, para a área da Bacia do Rio do Peixe nas imagens TM/LANDSAT e de RADAR, a intensidade de ocorrência é

de 12,2% e no campo, de 19,5%. No Embasamento Cristalino, no campo, registra-se com maior frequência nas porções sul e oeste, sendo que é a porção leste a área onde têm sua menor intensidade de ocorrência. Na Bacia do Rio do Peixe, apresenta uma distribuição praticamente homogênea.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES

1. A utilização de dados de sensores remotos de baixa resolução espectral, tais como as imagens TM/LANDSAT e os mosaicos semicontrolados de RADAR, aliada aos dados bibliográficos pré-existentes e aos trabalhos de campo, atenderam de maneira satisfatória aos objetivos do trabalho;

2. A análise das imagens TM/LANDSAT e de RADAR mostrou que é na banda 4 do TM que melhor se caracterizam as unidades geológicas da Bacia do Rio do Peixe, embora o maior contraste entre as rochas sedimentares da Bacia e as rochas do Embasamento Cristalino seja encontrado na banda 3 do TM. Quanto às estruturas geológicas, principalmente em relação aos lineamentos, estes estão bem representados na banda 4 do TM e no mosaico semicontrolado de RADAR, devido à evidenciação das feições morfológicas, característica destas imagens;

3. A análise das imagens TM/LANDSAT e de RADAR mostrou que a rede de drenagem no Embasamento Cristalino apresenta uma densidade alta e um grau de estruturação muito alto. Na Bacia do Rio do Peixe as três unidades apresentam uma drenagem com uma densidade e um grau de estruturação médios;

4. A análise das imagens TM/LANDSAT mostrou que é na banda 4 onde a rede de drenagem do Embasamento Cristalino se apresenta melhor caracterizada. Já na Bacia do Rio do Peixe, a rede de drenagem está melhor caracterizada na banda 3;

5. A importância do sensoriamento remoto orbital no estudo hidrogeológico regional, está na visão sinótica do terreno que seus produtos oferecem, permitindo assim identificar grandes estruturas terrestres profundas como, por exemplo, os fotolineamentos (ou lineamentos fotográficos) que não são visíveis nem no campo e nem nas fotografias aéreas;

6. As análises dos fotolineamentos mostraram que além do sistema de cisalhamento dextral, paralelo a subparalelo ao lineamento de Patos, existe um segundo sistema de cisalhamento de caráter sinistral, de direção  $N60^{\circ}W \pm 5^{\circ}$ . Este resultado é importante, pois somente através destas análises é que foi possível definir as direções compreendidas entre  $NS \pm 5^{\circ}$  e  $N25^{\circ}E \pm 5^{\circ}$ , como direções de estruturas fechadas (falhas inversas de alto ângulo);

7. As análises dos fotolineamentos mostraram que as 8 direções analisadas são direções de idade muito antiga, contemporâneas, como mostrou a análise quantitativa que condicionam as sequências rochosas da região, desde o Arqueano até o Fanerozóico;

8. As direções das lineações de relevo e de drenagem extraídas das imagens TM/LANDSAT e dos mosaicos semicontrolados de RADAR mostraram-se coincidentes com as direções de fraturas (juntas) e da foliação e acamamento de rochas medidas no campo;

9. No detalhamento das áreas selecionadas, devem ser analisadas a nível de detalhe (por exemplo na escala 1:25.000) todos os elementos que envolvem a definição das áreas mais favoráveis à pesquisa de água subterrânea, inclusive as linhas de tendência de fluxo;

10. A nível de estudo hidrogeológico regional, o uso de imagens de baixa resolução pode ser considerado uma excelente ferramenta para fornecer, em prazo reduzido, informações sobre áreas mais favoráveis à pesquisa de água subterrânea;

11. A coincidência das altas vazões de alguns poços tubulares profundos, com as áreas prioritárias selecionadas neste trabalho, reforçam os critérios utilizados para a definição das mesmas;

12. A definição das áreas favoráveis mostrou que são as direções  $N60^{\circ}E \pm 5^{\circ}$  e  $N35^{\circ}W \pm 5^{\circ}$  as principais direções que devem ser testadas na pesquisa de água subterrânea;

13. Recomenda-se, na definição de projetos de irrigação, com o uso das águas superficiais através de barramentos, que estes não sejam construídos em áreas que apresentem condições favoráveis à captação e ao armazenamento d'água, tendo em vista a ocorrência de um elevado número de fraturas abertas, fato que poderia comprometer o acúmulo das águas superficiais.



## CAPÍTULO 7

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J.P.T. 1968. *Relatório sobre locação de poços no Estado da Paraíba*. Recife, SUDENE-DRN. 12 p. il.
- ALBUQUERQUE, J.P.T. 1970. *Inventário hidrogeológico básico do Nordeste, folha nº 15 Jaguaribe-SE*. Recife. SUDENE. Div. Doc. (Série Hidrogeológica).
- ALBUQUERQUE, J.P.T. 1984. *Recursos de água subterrânea do trópico semi-árido do Estado da Paraíba*. UFPB/DEC/AERH. Campina Grande. (Tese de Mestrado).
- ALIYEV, A. 1980. *Regional fracturing of the Pamirs an its metallogenic significance*. IN: DOHLADY AKADEMIY NAUK SSSR. v.250: 90-93, Moscow.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, I.; BRITO NEVES, B.B. de; FUCK, R.A. 1977. *Províncias estruturais brasileiras*. IN: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8º, Campina Grande, Atas. 1977, Recife. Soc. Bras. Geol. - Núcleo Nordeste. Bol. 6, p.363-391.
- ALLUM, J.A.E. 1969. *Photogeology and regional mapping*. Pergamon Press. London. 108 p.

- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. 1980. *Manual of remote sensing*. Falls Church, 2 v.
- BARBOSA JÚNIOR, W.V.; SILVA, I.B.; PIMENTEL, C.A.; NOBREGA, V. A.; MABESONE, J.M. 1986. *Revisão Geológica da Parte Oriental da Sub-bacia de Sousa (Bacia do Rio do Peixe), Paraíba*. Anais. XXIV Congr. Bras. Geol. (1): 308-320 (Goiânia).
- BARBOSA, M.P. 1988. *Estudo do relacionamento genético de feições geológicas na região do Espinhaço Meridional e adjacências (MG)*. USP. São Paulo. (Tese de Doutorado).
- BARBOSA, M.P. 1990. *O sensoriamento remoto no estudo da história evolutiva de parte do território mineiro*. Anais. VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Vol. IV. Manaus.
- BERTHOU, P.Y. 1990. *Le Bassin d'Araripe et les petits bassins intercontinentaux voisins (N.E. du Brésil): Formation et évolution dans le cadre de l'ouverture de l'Atlantique Equatorial. Comparaison avec les bassins ouest-africains situés dans le même contexte*. IN: I Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste., 1: 113-127, junho, Crato, Ceará. DNP/PICG - PROG. 242/CPCA/SPB/SBG - Núcleo Fortaleza.
- BOA NOVA, F. de P. 1940. *Águas termais de Brejo das Freiras*. Rev. Mineração e Metalurgia, Rio de Janeiro, 5(28): 176-177.
- BRASIL/DNPM. 1970. *O furo estratigráfico de Lagoa do Forno, Rio do Peixe e Sousa-PB*. Rio de Janeiro, Geosol.

- BRASIL M. A./EPE - SUDENE/DRN. 1972. *Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Estado da Paraíba*. M. A./CONTAP USAID/BRASIL. Rio de Janeiro.
- BRAUN, O.P.G. 1969. *Geologia da Bacia do Rio do Peixe, Nordeste do Brasil*. Recife. DNPM/PROSPEC. 23p. il. (Inédito).
- BRITO NEVES, B.B. de. 1975. *Regionalização geotectônica do pré-cambriano nordestino*. São Paulo. USP. INST. GEOC. (Tese de Doutorado).
- CAMPOS, M.de; BRAGA, A.P.G.; MELO, A.A.de; SOUZA, E.M. de; SILVA, F.A.F. da; FRANÇA, J.B. de. 1979. *Projeto Jaguaribe: Relatório final de geologia*, DNPM/CPRM, Brasília, DNPM, Série Geologia, 4, Seção Geologia Básica, 1, 1499 p.
- CARNEIRO, C.D.R.; HAMZA, V.M.; ALMEIDA, F.F. de. 1989. *Ativação tectônica, fluxo geotérmico e sismicidade no Nordeste Oriental Brasileiro*. IN: Rev. Bras. Geoc. S B G. 19(3). São Paulo.
- CDRM. 1985. *Cadastro de poços do Estado da Paraíba*. Divisão de Hidrogeologia e Sondagem. Campina Grande.
- COSTA, W.D. 1964. *Nota preliminar da geologia da Bacia do Rio do Peixe*. Bol. Geol. Recife, UFPE, (4): 47-50.
- CRANDALL, R. 1910. *Geografia, geologia, suprimento d'água, transporte e açudagem nos estados orientais do norte do Brasil - Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba*. Rio de Janeiro, IFOCS - Serv. Geol., (Série 1. Publicação, 4).

DANTAS, J.R.A.; CAULA, J.A.L. 1982. *Estratigrafia e geotectônica*.  
IN: Mapa Geológico do Estado da Paraíba. 134 p. CDRM, Campina  
Grande.

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

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

EBERT, H. 1962. *Bustil und regionalmetamorphose im Prekambrischem  
Brasiliens*. Tsch. mineral v. petro. Mitteil, 8 (1): 49-81.

FRANÇOLIN, J.B.L.; SZATMARI, P. 1987. *Mecanismo de rifteamento da  
porção oriental da margem norte brasileira*. Rev. Bras. Geol.,  
17: 196-207.

GUY, M. 1966. *Quelques principes et quelques expériences sur la  
méthodologie de la photointerprétation*. IN: *Simposium Interna-  
tional de Photointerprétation, 2. Acte. V.1. 21-24. Paris*

LARSSON, I. 1977. *Ground water in hard rocks*. IN: *Seminário  
Internacional de "Água Subterrânea em Rochas Cristalinas".  
Suécia/Itália*. IN: ALBUQUERQUE 1984.

LILLEN SAND, T.M.; KIFFER, R.W. 1979. *Remote sensing and image  
interpretation*. John Wiles & Sons. New York, 634 p.

- LIMA FILHO, M.F. de. 1990. *Influência tectônica na deposição da Formação Sousa, Bacia do Rio do Peixe - PB*. IN: Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste., 1: 55-59, junho, Crato, Ceará. DNP/PICG-PROG.242/CPCA/SBP/SBG-Núcleo Fortaleza.
- LINTZ Jr., J.; SIMONETTI, D.S. 1976. *Remote sensing of environment*. Addison-Wesley Publ. Co. Inc. Advanced Book Programm Reading. Massachusetts, 713 p.
- LUEDER, D.R. 1979. *Aerial photographic interpretation: principles and applications*. McGraw Hill. New York.
- MABESONE, J.M.; CLAMPANHA, V.A. 1973/1974. *Caracterização estratigráfica dos Grupos Rio do Peixe e Iguatu*. Estudos Sedimentológicos. 3/4: 21-41.
- MABESSONE, J.M. 1990. *Problemas sedimentológicos-estratigráficos das bacias interiores do Nordeste*. IN: I Seminário da Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste., 1: 135-141, junho, Crato, Ceará. DNP/PICG-PROG.242/CPCA/SBP/SBG-Núcleo Fortaleza.
- MATOS, R.M.D. de. 1987. *Sistemas de Rifts Cretáceo no Nordeste Brasileiro*. IN: Semin. de Tectônica da PETROBRAS, 1, Rio de Janeiro. Atlas, Rio de Janeiro, DEPEX/ CENPES. p 126-159.
- MILLER, V.C. 1961. *Photogeology*. McGraw Hill Book Co. Inc. New York-Toronto-London. 248 p.
- MORAES, L.J. 1924. *Serras e montanhas do nordeste*. Rio de Janeiro, IFOCS. 2V. (Série I. D. 58).

- MOREIRA, E.R.F. 1989. *Mesorregiões e Microrregiões da Paraíba: delimitação e caracterização*. João Pessoa. GAPLAN.
- NIMER, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE, 421 p.
- NORTHFLEET, A.A.; BETTINI, C.; CHAVES, H.A.F. 1971. *Aplicação da geomatemática à prospecção de petróleo. Análise de fraturas por polinômios ortogonais*. Cong. Brasl. Geol. 25. Anais. São Paulo.
- OLIVEIRA, E.P. 1923. *Nota preliminar sobre as jazidas de cobre de Pedra Branca, Estado da Paraíba e Rio Grande do Norte*. Min. Agr. Ind. Com. Rio de Janeiro, Bol. 1, p 75-114.
- PARAÍBA. 1975. *Programa rural integrado do Alto Piranhas*. vol. I. João Pessoa. GAPLAN.
- PINTO, M.S. 1935. *Fontes do Brejo das Freiras (Relatório de captação)*. Parahyba. Adm. Int. Gratuliano Brito. 1932/1934. João Pessoa. p 250-252.
- PLICKA, M. 1974. *Observations on joint zones in Maravia Czechoslovakia*. IN: PROCEEDINGS OF THE FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE NEW BASEMENT TECTONICS. Utah Publ. 5: 279-289. Utah.
- REBOUÇAS, A.C. 1975. *Le Problème de L'Eau Dans La Zone Semi-Aride du Brésil*. França. Universidade Louis Pasteur de Strasbourg. (Tese Doutorado).

- REIDEL, W. 1929. *Zur mechanik geologischer Brucherscheinungen*. Central bl. F. Min. Geol. und Pal. v. 8:354-368.
- RICCI, M.; PETRI, S. 1965. *Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica*. Co. Editora Nacional. São Paulo. 226p.
- RIVERAU, J.C. 1972. *Notas de aula do curso de fotointerpretação*. Sociedade de Intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos. XI Semana de Estudos. Ouro Preto.
- SABINS Jr., F.F. 1978. *Remote sensing principles and interpretation*. W. H. Freeman & Co. San Francisco, 437 p.
- SADOWSKI, G.R. 1983. *Sobre a geologia de cinturões de cisalhamento continentais*. USP. São Paulo. 108 pp. (Tese de Doutorado).
- SADOWSKI, G.R. 1984. *Estudo da arte do tema: geologia estrutural de grandes falhamentos*. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Anais. Rio de Janeiro, SGB, p 1767-1793.
- SAMPAIO, F.M.A de S.; AZEVEDO, H.M.; MOTA, J. de f.; ARDUCA, C.C. 1981. *Projeto de irrigação Gravatá*. Campina Grande, 58 p.
- SAMPAIO, O.S. 1987. *Estudo de fraturamento como subsídio à pesquisa de água subterrânea no Estado de Sergipe: uma abordagem através de dados de sensoriamento remoto*. INPE. São José dos Campos. (Tese de Mestrado).

- SANTOS, A.R. dos. 1986. *Estudos sobre tectônica de fraturamento da região do Quadrilátero Ferrífero e em partes do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais com base em sensoriamento remoto*. USP. São Paulo. (Tese de Doutorado).
- SOARES, P.C.; FIORI, A.P. 1976. *Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia*. Not. Geomorfol. Nº 16(32) 71-104. Campinas, SP.
- SOARES, P.C.; BARCELOS, S.M.; MATOS, J.T.; BALIEIRO, M.G.; MENEZES, P.R. 1982a. *Lineamentos em imagens LANDSAT e de radar e suas implicações no conhecimento da bacia do Paraná*. IN: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2. Anais. p 143-156. INPE. Brasília.
- SOARES, P.C.; REDALLI, R.; GUERRA, S.M.S.; BERRIINI, L.C. 1982b. *Análise morfoestrutural em fotos aéreas: aplicação na prospecção de hidrocarbonetos na bacia do Paraná*. IN: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2. Anais. p 157-168. INPE. Brasília.
- SRIVASTAVA, N.K. 1990. *Aspectos geológicos e sedimentológicos das Bacias de Iguatú, Lima Campos e Malhada Vermelha (Ceará)*. IN: I Simpósio da Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1: 209-222. junho, Crato, Ceará. DNPN/PIC6-PROG.242/CPCA/SBP/SBG-Núcleo Fortaleza.
- SUDENE/HIDROSERVICE. 1968. *Planejamento múltiplo da Bacia do Rio Piranhas*. São Paulo, Relatório HE-R-19-1968, 13 p.



- SUDENE. 1972. *Folha Orós* (SB. 24. ZA. I), Recife. Folha topográfica, escala 1:100.000.
- SUDENE. 1972. *Folha Pau dos Ferros* (SB.24. ZA. II), Recife. Folha topográfica, escala 1:100.000.
- SUDENE. 1972. *Folha Catolé do Rocha* (SB. 24. ZA. III), Recife. Folha topográfica, escala 1:100.000.
- SUDENE. 1972. *Folha Cajazeiras* (SB. 24. ZA. IV), Recife. Folha topográfica, escala 1:100.000.
- SUDENE. 1972. *Folha Sousa* (SB.24. ZA. V), Recife. Folha topográfica, escala 1:100.000.
- SUDENE. 1972. *Folha Pombal* (SB.24. ZA. VI), Recife. Folha topográfica, escala 1:100.000.
- TATOR, B.A. 1960. *Photointerpretation in geology*. In: Manual of photographic interpretation. Amer. Soc. Photog. Washington. p. 169-342.
- UFPB/CCT/LRCG/INPE/Projeto PB-37. 1988. *Levantamento, planejamento e uso da terra da região semi-árida do Estado da Paraíba*. Relatório parcial. Campina Grande.
- VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. dos. 1982. *Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicação em geologia*. INPE. São José dos Campos (INPE-2227-MD/014). 61 pp.
-

VENEZIANI, P. 1986. *Análise de movimentos da tectônica rúptil e rúptil-dúctil através da interpretação de produtos de sensores remotos na região do Espinhaço Meridional(MG): uma correlação com os processos evolutivos*. USP. São Paulo. (Tese de Doutorado).

VIALON, P.; RUHLAND, M.; BROLIER, J. 1976. *Elements des tectonique*. Masson. Paris. 115 pp.

ANEXO A

# MAPA DE FEIXES DE FRATURAS



ANEXO A  
AUTOR: FLORISVALDO XAVIER GUEDES



ESCALA: 1:250.000  
5 0 5 10 15 Km

- FRATURAS
- FEIXES DE FRATURAS
- LIMITE DA BACIA SEDIMENTAR DO RIO DO PEIXE

ANEXO B

# MAPA TECTÔNICO

Diagrama de rosácea de direção de fraturamento em área de ocorrência das rochas do sub-bacia de Antenor Navarro.

Diagrama de rosácea de direção de fraturamento em área de ocorrência das rochas cristalinas. Parte Norte da área de estudo.

Diagrama de rosácea de direção de fraturamento em área de ocorrência das rochas do sub-bacia de Sousa.

Diagrama de rosácea de direção de fraturamento em área de ocorrência das rochas cristalinas. Parte Oeste da área de estudo.

Diagrama de rosácea de direção de fraturamento em área de ocorrência das rochas cristalinas. Parte Leste da área de estudo.



ANEXO B  
AUTOR: FLORISVALDO XAVIER GUEDES

ESCALA: 1:250.000  
0 5 10 15 Km

Base planimétrica semi-controlada confeccionada a partir da imagem TM/LANDSAT de 18.II.85

## CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Falhas inversas de alto ângulo
- Falhas de rejeito direcional, conjugadas com falhas de gravidade
- Falhas e fraturas indiscriminadas
- Estruturas circulares, fotointerpretadas
- Limite da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe
- Pc** - Pré-Cambriano
- Mz** - Sequência Mesozóica da Bacia do Rio do Peixe
- Direção e mergulho de camadas e foliação
- Direção de fraturas verticais

## CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Cidades
- Estradas pavimentadas
- Estradas sem pavimentação

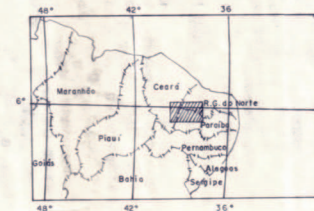
Diagrama de rosácea de direção de fraturamento em área de ocorrência das rochas cristalinas.

Diagrama de rosácea de direção de fraturamento em área de ocorrência das rochas cristalinas. Parte Sul da área de estudo.

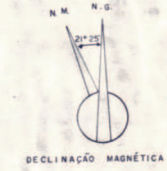
Diagrama de rosácea de direção de fraturamento em área de ocorrência das rochas da Bacia do Rio do Peixe.

Diagrama de rosácea de direção de fraturamento para toda área de estudo.

NS ± 5° = 175	EW ± 5° = 192
N 28°E ± 5° = 314	N 20°W ± 5° = 425
N 40°E ± 5° = 270	N 35°W ± 5° = 250
N 60°E ± 5° = 224	N 60°W ± 5° = 387



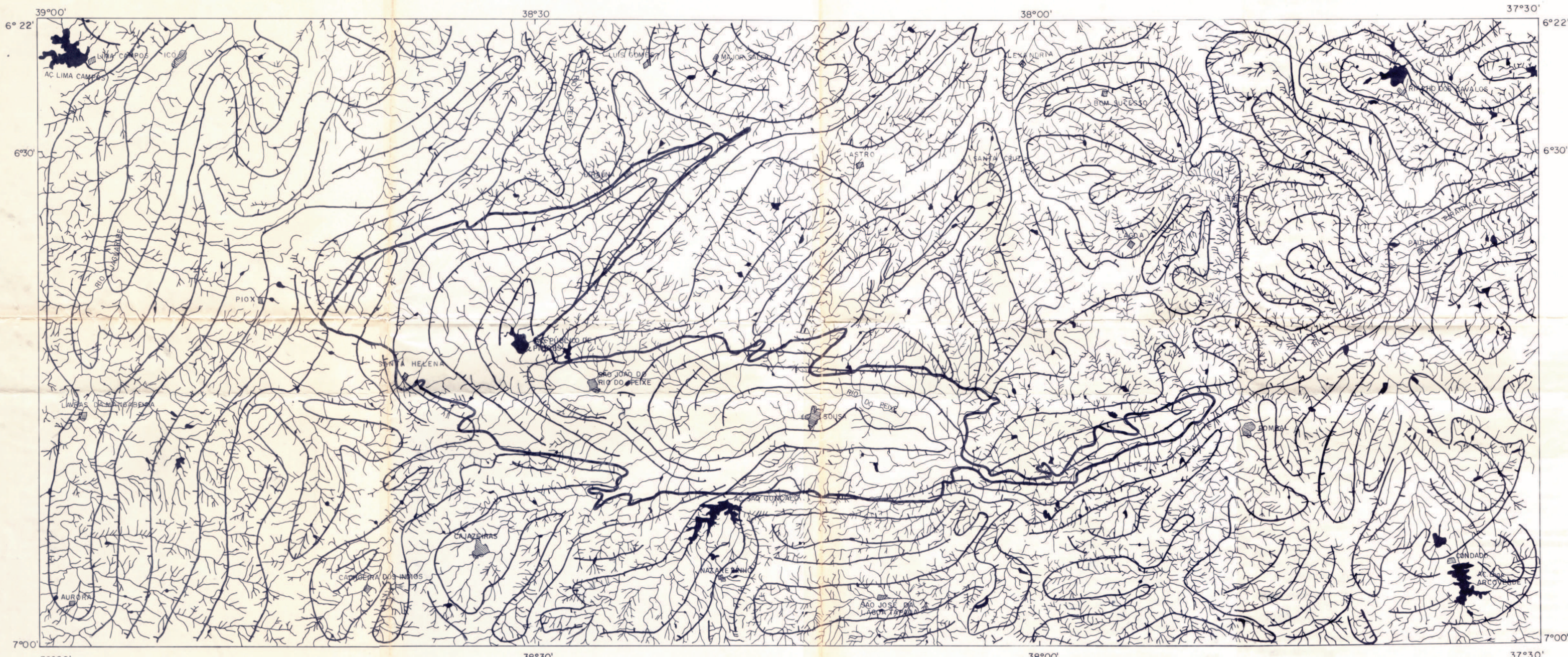
Localização da área de estudo



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

ANEXO C

MAPA DA REDE DE DRENAGEM E DE LINHAS DE TENDÊNCIA DO FLUXO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA



39°00' ANEXO C  
 6°22' 6°30' 7°00'  
 AUTOR: FLORISVALDO XAVIER GUEDES

38°30' 38°00' 37°30'  
 ESCALA: 1:250.000  
 5 0 5 10 15 Km



LEGENDA:

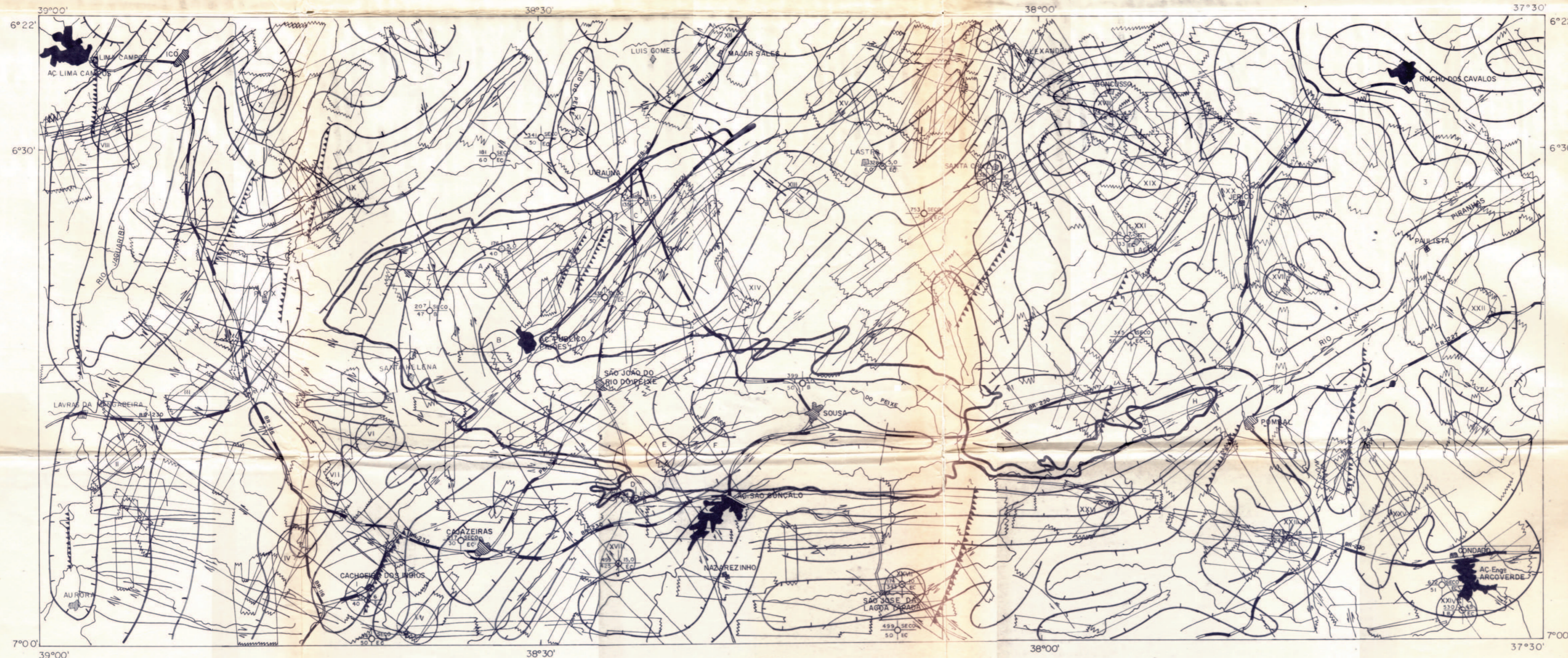
- LIMITE DA BACIA SEDIMENTAR DO RIO DO PEIXE
- DRENAGEM
- ACUDE
- LINHA DE TENDÊNCIA DO FLUXO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA
- CIDADE

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA  
 N. M. N. G.



ANEXO D

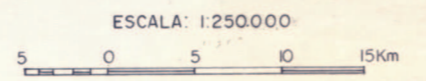
# MAPA INTEGRADO



## CONVENÇÕES GEOLÓGICAS E CARTOGRÁFICAS

- Feixes de fraturas
- Linhas de tendência de fluxo de água subterrânea
- Falhas inversas de alto ângulo
- Falhas de rejeito direcional, conjugadas com falhas de gravidade
- Falhas e fraturas indiscriminadas
- Limite do Bacia Sedimentar do Rio do Peixe
- Áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea
- Drenagens
- Açudes
- Cidades
- Poços perfurados  
 a - construção  
 b - vazão (m<sup>3</sup>/h)  
 c - profundidade (m)  
 d - formação captada  
 ec - embasamento cristalino  
 e - bacia
- Estrada pavimentada
- Estrada sem pavimentação

ANEXO D  
 AUTOR: FLORISVALDO XAVIER GUEDES



ANEXO E

## ANEXO I

## DADOS DE ALGUNS FOCOS PERFORADOS NA ÁREA DE ESTUDO

C-3 D A B E S	NUMERAÇÃO		LOCALIDADE	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS			PERFURAÇÃO			FORMAÇÕES CAPTADAS	LITOLOGIA	TIPO
	CADASTRO	ORDEN			LAT (S)	LONG (W)	PROF. (m)	#	ENTRADA D'ÁGUA (m <sup>3</sup> /h)	Q			
Bom Sucesso	74	01	Caicara	Prefeitura	106°27'30"137°55'50"	48,0	6"	18,0m	4,5	Comp Gn Migmatit	-	Fraturado	
Cachoeira dos Índios	52	08	Bom Jardim	Edilson Sousa	106°55'22"138°40'48"	40,0	8"	14,0m	6,0	Comp Gn Migmatit	-	Fraturado	
Cajazeiras	65	08	Guaribas	José B. Dantas	106°55'32"138°36'15"	50,0	8"	5,5m	6,0	Comp Gn Migmatit	-	Fraturado	
Condado	530	02	Timbaúba	Prefeitura	106°57'49"137°35'22"	8,7	6"	-	15,0	Aluvionar	Areia	Livre	
Lagoa	118	02	V. da Lagoa I	Prefeitura	106°35'20"137°54'53"	33,0	-	-	7,2	Comp Gn Migmatit	-	Fraturado	
Lastro	328	09	Sede	Prefeitura	106°31'29"138°10'23"	6,0	3,0m	-	5,0	Aluvionar	Areia	Livre	
Nazarezinho	51	01	Sede	CAGEPA	106°54'49"138°15'28"	4,0	6"	-	24,0	Aluvionar	Areia	Livre	
Fombal	628	37	Bezerro	Prefeitura	106°54'26"137°44'38"	51,0	6"	24,0m	18,0	Comp Gn Migmatit	-	Fraturado	
Santa Helena	122	03	Várzea da Ema	Prefeitura	106°47'29"138°31'26"	100,0	6"	-	6,0	-	-	-	
Triunfo	176	14	Jenipapeiro I	Antonio Feitosa	106°35'24"136°32'16"	40,0	6"	20,0m	5,0	Antenor Navarro	-	Semi-livre	
Santa Cruz	138	03	Sede	Prefeitura	106°31'10"138°03'16"	41,6	6"	-	10,0	Comp Gn Migmatit	Granito	Fraturado	
São João do Rio do Peixe	24	24	Umarí	Prefeitura	106°51'26"137°24'19"	60,0	6"	28,5m	12,0	Sousa	Arenito	Semi-livre	
São João do Rio do Peixe	499	70	Bebedouro	Prefeitura	106°53'39"136°25'10"	42,5	6"	13,0m	15,0	Comp Gn Migmatit	-	Fraturado	
São José da Lagoa Tapada	174	10	Mandioca II	Otacilio Campos	106°55'45"138°08'39"	34,7	6"	7,0m	10,0	Comp Gn Migmatit	-	Fraturado	
Sousa	399	67	Campo Grande	Sínia G. Ribeiro	106°44'44"138°14'49"	50,0	6"	20,0m	5,0	Sousa	Sil/fch	Semi-conf	
Uiraúna	183	01	Sede II	CAGEPA	106°32'15"138°24'41"	135,0	6"	-	15,0	Antenor Navarro	Arenito	Semi-livre	
Cachoeira dos Índios	347	20	Sítio Tambor	Prefeitura	106°59'10"138°39'47"	50,0	5"	-	Seco	Comp Gn Migmatit	Gnaisse	Fraturado	
Cajazeiras	217	40	Posto Shell	Lauro Araújo	106°55'32"138°34'55"	30,0	-	-	Seco	Comp Gn Migmatit	-	Fraturado	
Condado	672	17	S. Timbaúba III	Prefeitura	106°56'51"137°35'45"	51,0	5"	-	Seco	Comp Gn Migmatit	Gnaisse	Fraturado	
Fombal	345	22	Hazenda Catolé	Prefeitura	106°41'32"137°56'52"	50,0	5"	-	Seco	Comp Gn Migmatit	Gnaisse	Fraturado	
Santa Helena	207	22	Jerimum II	Vital Conrado	106°39'36"138°35'46"	47,0	6"	-	Seco	Antenor Navarro	Arenito	Semi-conf	
São João do Rio do Peixe	432	65	Veneza	Prefeitura	106°59'00"137°26'16"	50,0	5"	-	Seco	Comp Gn Migmatit	Gnaisse	Fraturado	
São José da Lagoa Tapada	499	16	Barra da Cabra	Prefeitura	106°55'45"138°08'39"	50,0	5"	-	Seco	Comp Gn Migmatit	Gnaisse	Fraturado	
Sousa	753	146	Sítio Cordeiro	Ezezer Carvalho	106°34'04"138°07'05"	-	-	-	Seco	Comp Gn Migmatit	Gnaisse	Fraturado	
Triunfo	181	18	Barra do Juá	Prefeitura	106°30'55"138°39'06"	60,0	6"	-	Seco	Comp Gn Migmatit	-	Fraturado	
Uiraúna	341	22	Santa Rita	Prefeitura	106°29'52"136°34'16"	50,0	5"	-	Seco	Comp Gn Migmatit	-	Fraturado	