MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO
AUTHORIZATION FOR PUBLICATION

PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

LINEAMENTOS, FRATURAS, SENSORIAMENTO REMOTO

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

Ralf Gielow
Pres. Cons. Pós-Graduação

AUTOR RESPONSAVEL / RESPONSIBLE AUTHOR

Clayton de Souza Pontes

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

- [ ] INTERNA / INTERNAL
- [x] EXTERNA / EXTERNAL
- [ ] RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

Paulo Veneziani

CDU/UDC: 528.771.7:551.432.4

DATA / DATE: Agosto 1989

PUBLICAÇÃO Nº / PUBLICATION NO: INPE-5004-TDL/398

ORIGEM / ORIGIN: CPG/DPA

PROJETO / PROJECT: FRH/SER

Nº DE PAG. / NO OF PAGES: 107

ULTIMA PAG. / LAST PAGE: G2

VERSÃO / VERSION:

Nº DE MAPAS / NO OF MAPS: 06

TÍTULO/TITLE

A IMPORTÂNCIA DO FRATURAMENTO NO ARCABOUÇO DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO: UM ESTUDO DAS FEIÇÕES MORFOESTRUTURAIS DE CARATER RÚPTIL-DUCTIL ATRAVÉS DE TÉCNICAS E PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO.

AUTORES/AUTHORSHIP

CLAYTON DE SOUZA PONTES

RESUMO-NOTAS/ABSTRACT-NOTES

Este trabalho visou um estudo tectônico da região da bacia sedimentar de Pimenta Bueno-RO. Realizou-se uma análise estrutural a partir dos dados de feições lineares de relevo e drenagem, observados em imagens LANDSAT/TM e em mosaicos de radar do projeto RADAMBRASIL na escala 1:250000. A análise estrutural constou de um tratamento estatístico das feições lineares e de uma análise dos alinhamentos magnéticos, assim como da interpretação de curvas de anisotropia da rede de drenagem, buscando a identificação de anomalias estruturais do embasamento na área da bacia. Identificou-se as direções de fraqueza mais antigas na região que são: N85E-S80E, N10E-N10W e N40-50E. As fraturas no intervalo de direção N85E-S80E foram responsáveis pelo controle da sedimentação paleozóica nesta bacia. O estudo da anisotropia da rede de drenagem sobre a cobertura cretácica mostrou forte coerência com os dados de lineamentos regionais, possibilitando a interpretação de altos e baixos do embasamento. O fato de ainda não existir trabalhos visando a interpretação do comportamento estrutural da área desta pesquisa, nos dá uma ótima oportunidade de se testar o resultado dos métodos aqui utilizados, que poderá ser feito com a continuação das pesquisas em subsuperfície.

OBSERVAÇÕES/REMARKS

Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, aprovada em 28 de fevereiro de 1989.

INPE-149

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

Aprovada pela Banca Examinadora
em cumprimento a requisito exigido
para a obtenção do Título de Mestre
em Sensoriamento Remoto

Dr. Paulo Veneziani _____
Orientador/Presidente

Dr. Pedro Victor Zalán _____
Membro da Banca
-convidado-

Dr. Edison Crepani _____
Membro da Banca

Dr. Juércio Tavares de Mattos _____
Membro da Banca

Candidato: Clayton de Souza Pontes

São José dos Campos, 28 de fevereiro de 1989

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

Aos meus Pais

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores Paulo Veneziani, orientador deste trabalho, Juércio Tavares de Mattos, e a Jairo Roberto Jimenez Rueda, pelas discussões e incentivos.

Aos colegas Pedro Victor Zalán, Luiz Peixoto de Siqueira e Oscar Paulo Gross Braun e Wilson José de Oliveira, pelas discussões, atenção e apoio na execução desta pesquisa.

À Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais-CPRM, na pessoa do Chefe de Geologia do Escritório de Rondônia, Dr. Sérgio José Romanini, pelo apoio de campo, amizade e discussões.

À Petrobrás, especialmente aos Srs. Superintendentes do DEPEX Dr. Murilo Marroquim, Dr. Guiuseppe Bacoccoli e Dr Milton Romeu Franke.

Agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

A B S T R A C T

The Pimenta Bueno sedimentary basin was studied with remote sensing techniques and images. A structural analysis was performed by statistical treatment over linear element of relief and drainage obtained from LANDSAT/TM images and radar mosaic in the scale of 1:250000. Interpretation of the anisotropy drainage curves and interpretation of the magnetic lineaments in the whole area was also done. The main structural trends of fractures found in this area are: N85E-S80E, N10E-N10W e N40-50E. The fractures in the range N85E-S80E were responsible for the control of paleozoic sedimentation in this basin. The drainage anisotropy analysis over the cretaceous sedimentation gave us strong coherence with the most important regional lineaments, making easy the identification of highs and lows of the basement.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

SUMÁRIO

Pág.

LISTA DE FIGURAS..... xiii
LISTA DE TABELAS..... xv

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO 1

1.1 - Apresentação..... 1
1.2 - Objetivos..... 3
1.2.1 - Objetivo geral..... 3
1.2.2 - Objetivos específicos..... 3
1.3 - Localização e acessos..... 4
1.4 - Aspectos fisiográficos..... 6
1.4.1 - Relevo..... 6
1.4.2 - Vegetação..... 8
1.4.3 - Solos..... 9
1.4.4 - Drenagem..... 11

CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS 13

2.1 - Materiais..... 13
2.1.1 - Produtos de sensores orbitais..... 13
2.1.2 - Produtos de sensores aerotransportados..... 15
2.2 - Metodologia..... 17
2.2.1 - Fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação... 17
2.2.2 - Mapas de lineamentos de relevo e drenagem, de alinhamentos magnéticos e de anomalias morfoestruturais..... 21
2.2.3 - Interpretação de dados de geofísica..... 22
2.2.4 - Trabalhos de campo..... 23
2.2.5 - Processamento digital..... 24
2.2.5.1 - Filtragem..... 25
2.2.5.2 - Ampliação de contraste..... 25

Pág.

2.2.5.3 - Fatiamento de MNT..... 26
2.2.5.4 - Realce por principais componentes..... 26
2.2.6 - Desenvolvimento da análise de fraturas..... 26

CAPÍTULO 3 - REVISÃO DE CONCEITOS..... 31

3.1 - Fraturas..... 31
3.2 - Análise dos dados de feições lineares..... 33
3.3 - Bacias tipo graben..... 34

CAPÍTULO 4 - GEOLOGIA DA ÁREA..... 39

4.1 - Tectônica regional..... 39
4.1.1 - Tectônica local..... 39
4.2 - Geologia local..... 40
4.2.1 - Embasamento cristalino..... 41
4.2.2 - Sedimentos proterozóicos..... 42
4.2.3 - Sedimentos paleozóicos..... 44
4.2.4 - Cobertura mesozóica..... 47

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 49

5.1 - Caracterização dos ambientes sedimentares..... 49
5.1.1 - Graben de Pimenta Bueno..... 49
5.1.2 - Graben do Colorado..... 51
5.2 - Estratigrafia..... 52
5.2.1 - Pre-Cambriano indiferenciado..... 54
5.2.2 - Formação Mutum-paraná..... 54
5.2.3 - Formação Palmeiral..... 57
5.2.4 - Unidade Permocarbonífero I..... 57
5.2.5 - Unidade Permocarbonífero II..... 62
5.2.6 - Arenito da Fazenda da Casa Branca..... 66

Pág.

5.2.7 - Formação Botucatu..... 66
5.2.8 - Basalto Anari..... 71
5.2.9 - Formação Parecis..... 71
5.2.10 - Terciário-Quaternário coluvial..... 76
5.2.11 - Quaternário colúvio-aluvionar..... 76
5.3 - Análise de fraturas..... 77
5.3.1 - Eixos de controle de fraturas..... 78
5.3.2 - Análise das direções de zonas de juntas..... 80
5.3.3 - Integração dos dados de fraturas..... 83
5.3.4 - Anomalias morfoestruturais..... 91
5.4 - Evolução tectônica..... 92

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES..... 99

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 101
BIBLIOGRAFIA..... 106

APÊNDICE A - MAPA DE CAMINHAMENTO.

APÊNDICE B - MAPA DE FEIÇÕES LINEARES DE RELEVO E DRENAGEM.

APÊNDICE C - MAPA DE ISODENSIDADE DE FRATURAS.

APÊNDICE D - MAPA DE FOTOANÁLISE.

APÊNDICE E - MAPA GEOLÓGICO.

APÊNDICE F - RELAÇÃO DE ATITUDES DE FRATURAS EM CAMPO.

APÊNDICE G - MAPA DE LINEAMENTOS MAGNÉTICOS, DE TERRENO E DE ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

LISTA DE FIGURAS

Pág.

1.1 - Mapa de Localização..... 5

2.1 - Mapa de localização dos projetos executados na região da bacia de Pimenta Bueno-RO..... 16

2.2 - Mapa fotoíndice dos produtos orbitais utilizados nesta pesquisa..... 16

2.3 - Diagrama do fluxo de trabalho..... 18

2.4 - Filtro isotrópico..... 25

3.1 - Distribuição de fraturas ao longo de uma zona de distensão..... 37

5.1 - Morros testemunho da formação Mutum-paraná..... 55

5.2 - Unidade PCI nos domínios do graben de Pimenta Bueno..... 59

5.3 - Arenito arcoseano da unidade PCI..... 60

5.4 - Arenito arcoseano da unidade PCI, (detalhe)..... 61

5.5 - Folhelhos e arcóseos da unidade PCI..... 62

5.6 - Sedimentos da unidade PCI no graben do Colorado.. 63

5.7 - Diamictito da unidade PCII..... 64

5.8 - Calcário laminado da unidade PCII..... 65

5.9 - Arenitos eólicos da formação Botucatu..... 67

5.10 - Contato entre os arenitos da formação Parecis e os arenitos eólicos da formação Botucatu..... 68

5.11 - Imagens orbitais mostrando a unidade PCI e o basalto Anari..... 69

5.12 - Arenito da formação Parecis..... 72

5.13 - Detalhe sobre a cobertura da formação Parecis.... 74

5.14 - Sistema de fraturas ortogonais em sedimentos da unidade PCI..... 82

5.15 - Diagrama de fraturas a partir dos dados de campo. 84

Pág.

5.16 - Histograma do número de feições lineares por azimute a partir dos dados do APÊNDICE B digitalizados..... 85

5.17 - Sedimentos dobrados da unidade PCI..... 87

5.18 - Conjunto de zona de juntas ortogonais na unidade PCI, no graben do Colorado..... 89

5.19 - Fraturas nos arcóseos da unidade PCI, do graben de Pimenta Bueno..... 90

5.20 - Mapa geológico simplificado da bacia de Pimenta Bueno..... 95

5.21 - Modelo de evolução tectônica da região da bacia de Pimenta Bueno-RO..... 97

LISTA DE TABELAS

Pág.

2.1 - Dados das imagens orbitais LANDSAT/TM utilizadas neste trabalho..... 14

2.2 - Dados sobre os projetos de levantamentos aerogeofísicos..... 15

2.3 - Características dos materiais das zonas homólogas.. 20

5.1 - Coluna estratigráfica local..... 53

5.2 - Direções de controle de distribuição de zonas de juntas..... 79

5.3 - Controle de distribuição de juntas..... 91

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - Apresentação

O atual estágio de desenvolvimento dos produtos de sensores remotos disponíveis em nosso país, que é compatível com o desenvolvimento de critérios sistemáticos para a análise e interpretação das feições de relevo e drenagem, fornece condições favoráveis para seu uso na caracterização de feições da crosta terrestre. Isto nos permite elaborar mapas contendo informações litoestratigráficas e estruturais necessárias às pesquisas de recursos minerais.

A pesquisa de hidrocarbonetos em bacias sedimentares interiores segue determinadas etapas que visam a otimização dos trabalhos e dirigem tais pesquisas até a locação de um poço exploratório. Desde a investigação geológica até a perfuração de poços, se executam diversos passos, onde se tem a acumulação de informações sobre a área pelos diversos métodos utilizados. O mapeamento geológico em escala regional visa o estudo das unidades litoestratigráficas e estruturais de uma dada área, e pode, através do uso de produtos de sensores remotos orbitais, ter suas etapas otimizadas.

Este trabalho compõem-se basicamente de uma análise estrutural e litoestratigráfica, e da integração de dados geológicos e geofísicos. O desenvolvimento e a sistematização de critérios metodológicos levou em consideração não apenas as condições geológicas da área de estudos, como também o tipo da cobertura vegetal, tamanho da área e as condições de acesso, que são dificuldades

encontradas em regiões pertencentes à maior parte da Amazônia Legal e aumentam a importância da coleta de dados com a utilização de produtos de sensores remotos.

Procurou-se, diante do desafio de ampliação dos conhecimentos geológicos sobre a região de Pimenta Bueno, e frente a potencialidade dos dados de sensores remotos, abrir uma perspectiva de utilização destes dados, que possa minimizar custos da pesquisa, quando confrontada com a aplicação de métodos tradicionais tanto pelas características desses métodos aqui aplicados, quanto pelas características fisiográficas da área em estudo.

Do ponto de vista estratigráfico, considera-se que os sedimentos que preenchem a bacia de Pimenta Bueno são de idade permocarbonífera. São representados por arcóseos e folhelhos da unidade PCI, diamictitos e calcários da unidade PCII e arenitos conglomeráticos da unidade PCIII (Pinto Filho et alii, 1977). A bacia divide-se basicamente em duas porções alongadas segundo a direção EW, separadas por um alto do embasamento precambriano. As relações estratigráficas entre as unidades sedimentares e o embasamento são marcadas por descontinuidades deposicionais e tectônicas. A bacia é parcialmente coberta por arenitos mesozóicos das formações Botucatu e Parecis, e por um derrame de rochas básicas denominado basalto Anari (mapa geológico - **Apêndice E**).

Diversos projetos de cunho geológico foram executados na região onde se localiza a bacia de Pimenta Bueno, com o objetivo de avaliar o potencial metalogenético da área, principalmente com relação aos prospectos de ouro e estanho em áreas de ocorrência de rochas do Complexo Anorogênico Rondoniense (granitos estaníferos). Projetos específicos visando a pesquisa de hidrocarbonetos nesta região foram iniciados a partir do final do ano de 1987 no âmbito da

Petrobrás, sendo que o presente estudo integra uma das fases preliminares para o mapeamento da bacia dos Parecis.

1.2 - Objetivos

Os dados geológicos existentes sobre a região da bacia de Pimenta Bueno foram obtidos por mapeamentos geológicos direcionados à pesquisa de minerais metálicos, que mostram-se insuficientes para a avaliação desta bacia em relação ao seu potencial para geração e acumulação de hidrocarbonetos. O fato de se ter disponível tecnologia em sensoriamento remoto passível de utilização e/ou de se poder adaptar critérios metodológicos que venham operacionalizar as pesquisas, levaram à definição dos seguintes objetivos:

1.2.1 - Objetivo geral

Desenvolver critérios metodológicos para o estudo de bacias sedimentares intracontinentais através da utilização da tecnologia de sensoriamento remoto.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Elaborar um mapa geológico em escala regional, baseado na interpretação de produtos de sensores remotos, em trabalhos de campo e em dados de pesquisas anteriores;

- Realizar análise dos sistemas de fraturas (juntas e falhas) segundo critérios gráficos e estatísticos, a partir dos dados obtidos nas imagens fotográficas, nos mapas aerogeofísicos e nos trabalhos de campo;

- Realizar uma análise estrutural regional através do estudo das propriedades das formas da rede de drenagem;

- Esboçar um modelo de evolução tectônica baseado na interpretação dos dados estratigráficos, litológicos, de fraturas e das morfo-estruturas.

1.3 - Localização e acessos

A bacia de Pimenta Bueno localiza-se na porção sudeste do estado de Rondônia, entre os paralelos 11°00' e 13°00' de latitude sul e os meridianos 60°30' e 63°00' de longitude oeste. A área de execução desta pesquisa é de aproximadamente 58.800 km^2, abrangendo integralmente as folhas SC-20.Z.C e SD-20.X.A, e parcialmente as folhas SC-20.Z.D e SD-20.X.B, segundo a divisão internacional do mundo ao milionésimo (Fig. 1.1).

O acesso à região da bacia pode ser feito por via aérea até a cidade de Porto Velho-RO, ou até Cuiabá-MT, de onde se segue por via terrestre pela Br-364, que liga Porto Velho a Cuiabá. Esta rodovia corta diagonalmente a metade leste da área de pesquisa. Os diversos projetos de colonização implantados pelo INCRA (Instituto de Colonização e Reforma Agrária) são responsáveis pela abertura de estradas distribuídas principalmente ao longo do eixo desta rodovia. Estas estradas são em geral não cascalhadas e ligam os lotes de cada linha a estradas cascalhadas que dão acesso às cidades mais próximas ou à rodovia federal.

As cidades de Cacoal, Vilhena, Rolim de Moura, Pimenta Bueno e Colorado do Oeste podem ser citadas como os principais centros urbanos da área de pesquisa, e foram utilizadas como base nos trabalhos de campo.

À medida que se afasta do eixo da Br-364, o acesso se torna mais difícil. Isto é devido à escassez e precariedade de estradas nessas áreas.

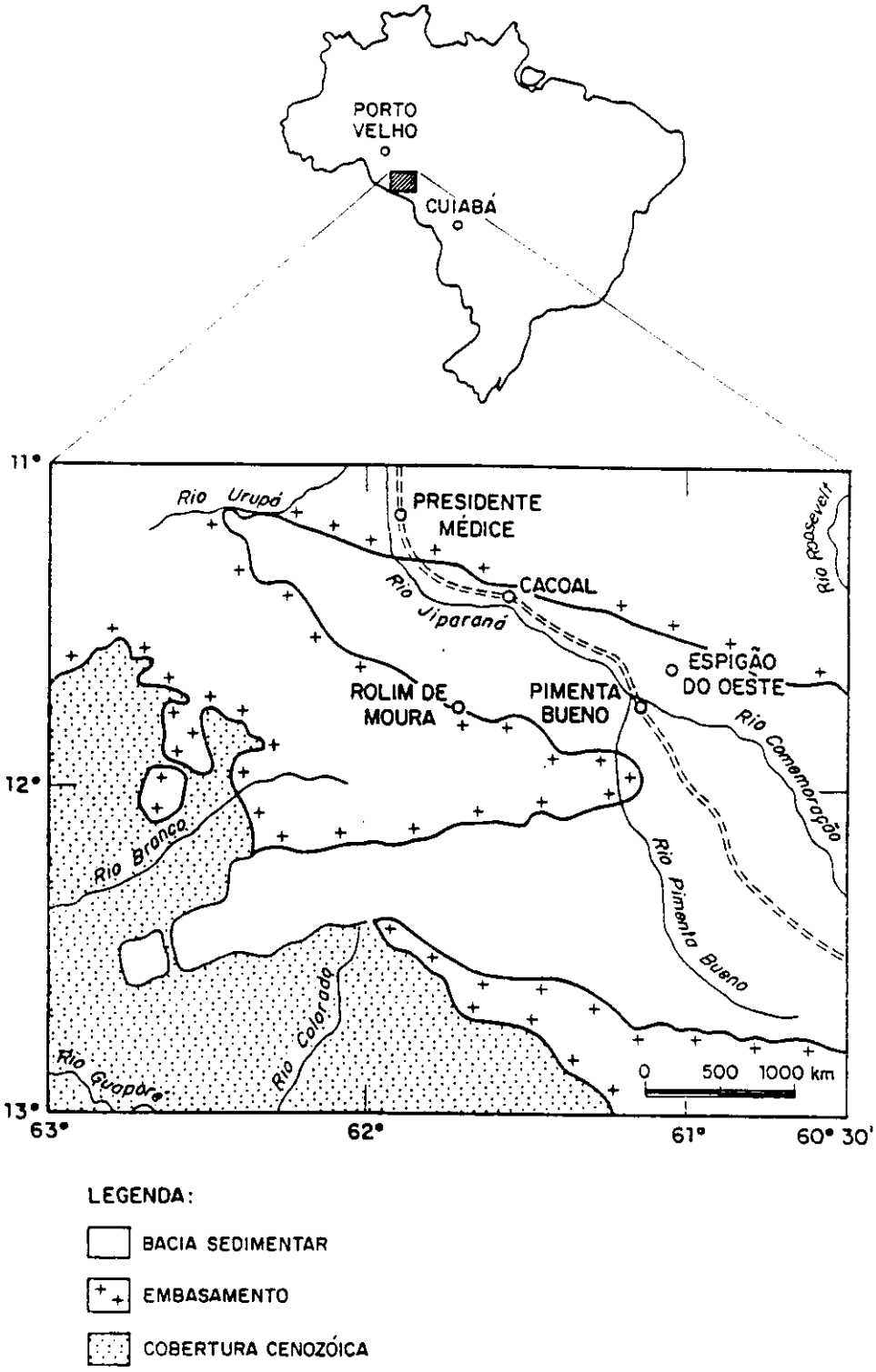


Fig. 1.1 - Mapa de localização.

1.4 - Aspectos fisiográficos

1.4.1 - Relevo

A área estudada localiza-se na porção noroeste do Planalto Brasileiro. Nesta região, ocorrem diversos tipos litológicos representantes dos principais eventos geológicos ocorridos.

O desenvolvimento fisiográfico é extremamente relacionado com os tipos litológicos e sua evolução tectônica. Assim, de maneira geral, as rochas do embasamento granito-gnáissico correspondem às áreas mais arrasadas ou bastante dissecadas; as formações metassedimentares, dobradas e fraturadas, constituem platôs e cristas residuais; as rochas sedimentares paleozóicas constituem planaltos rebaixados ou encostas de planaltos, e os sedimentos mesozóicos formam as chapadas, sobrepondo-se às outras formações.

Oliveira (1988) identificou os principais domínios fisiográficos existentes na região, dividindo-os nas seguintes unidades: Planalto Alto, Planalto Médio, Planalto Baixo, Depressão Interplanáltica, Pediplano, Planície Aluvionar (Vales Interplanálticos, Várzeas e Vales de inundação Temporária e Várzeas de Inundação Recente).

Os **Planaltos Altos** são observados em quase toda área, apresentando-se na forma de morros tabulares e cristas alongadas ligeiramente dissecadas. Os **Planaltos Médios** estão em posição altimétrica relativa inferior aos Planaltos Altos. Encontram-se compondo superfícies da Chapada dos Parecis nas porções leste e sul da área, com graus diferenciados de dissecação. O **Planalto Baixo** ocorre em nível inferior aos anteriores, sobre rochas sedimentares e cristalinas, na forma de uma superfície estrutural com diferentes graus de dissecação nas porções sedimentares e fortemente estruturados nos terrenos cristalinos. A passagem

entre estes níveis de planaltos se dá por quebras de relevo formando encostas escarpadas, verticalizadas e festonadas, onde o relevo é nitidamente estruturado e cuestiforme, com mergulhos suaves para o norte.

A **Depressão Interplanáltica** encontra-se confinada pelas escarpas do Planalto dos Parecis e pelos planaltos da porção norte da área de pesquisa. Este relevo é suavemente ondulado e ligeiramente a mediamente dissecado, sendo escavado sobre rochas sedimentares.

O **Pediplano** ocupa as porções sul e oeste. Estas áreas mostram-se arrasadas por processos de pediplanação, que recuaram as escarpas da serra dos Parecis e isolaram relevos residuais. Ocorrem aplainando rochas do embasamento granito-gnáissico com superfície ligeiramente ondulada, gradando para a Planície Aluvionar do Guaporé.

A **Planície Aluvionar** é encontrada nos vales interplanálticos e nas margens das principais drenagens da região (rios Guaporé, Branco, Pimenta Bueno, Jiparaná, Urupá e Comemoração), frequentemente em várzeas e vales de inundação temporária e em várzeas de inundação recente.

O interrelacionamento destes domínios fisiográficos com os fatores litológicos e estruturais e a identificação dos mesmos é extramemente importante, visto que os critérios metodológicos da fotointerpretação baseiam-se na identificação de feições do relevo e da drenagem que possuem significado geológico. Nos produtos de sensores remotos nota-se um forte relacionamento entre estes fatores na região estudada.

1.4.2 - Vegetação

A vegetação encontrada na área é em geral do tipo Floresta Equatorial. Foi dividida por Pinto Filho et alii (1977) em quatro tipos, de acordo com as condições climáticas, litológicas e topográficas a que estão relacionadas, que são: Floresta Tipo Equatorial ou Sempre Verde, Floresta Semi-sempre-verde, Cerrados e Campo.

A **Floresta Tipo Equatorial** ocorre nas porções sudeste da parte centro-leste da área, próximo ao rio Jiparaná. Caracteriza-se por sua diversidade de espécies, não formando um conjunto homogêneo, mas sempre verde. Este tipo de vegetação corresponde à zona onde as precipitações são superiores a 1500 mm, não apresentando condições favoráveis para sua comercialização.

A **Floresta Semi-sempre-verde** é o tipo de vegetação considerado predominante, sendo distribuído por toda área. Apresenta maior porte em relação ao tipo anterior e um período de queda generalizada das folhas nas épocas de menor precipitação pluviométrica. São incluídas na Floresta Semi-sempre-verde, a mata de terra firme nas partes mais elevadas e a mata de igapó, que se instala nas partes baixas e alagadas durante o período das chuvas. Esta Floresta mostra-se mais valorizada em relação à mata do tipo Equatorial devido à ocorrência de maior quantidade de madeiras de lei.

O **Cerrado** é formado por árvores de médio porte, tortuosas, entre as quais vegetam xerófitas e gramíneas. Ocorrem sobre as chapadas centro-oeste e na porção noroeste da área de estudo, ao longo do rio Ricardo Franco,

em áreas de solo arenoso. Ao longo de igarapés ou em locais de maior umidade, desenvolvem-se matas ciliares.

Dois tipos de campo foram observados na área da pesquisa: **Campos inundáveis** e **Campos limpos** (sem inundações). Os primeiros são encontrados na parte sul e sudeste da área da bacia hidrográfica do Guaporé, ocorrendo geralmente nas margens de alguns dos seus afluentes, e o segundo pode ser observado localmente sobre sedimentos argilosos da unidade PCI ou também localmente sobre os sedimentos da formação Parecis.

O tipo de vegetação influencia fortemente a tonalidade de cinza observada nas imagens LANDSAT/TM e SPOT. Em alguns pontos se tem o conjunto vegetação-litologia definindo unidades litológicas, mas são frequentes observações da cobertura vegetal transcendendo os limites das unidades litológicas, o que torna a análise deste parâmetro subordinada à análide das feições de relevo. A identificação dos domínios de cada tipo de vegetação ajuda a definir critérios de fotointerpretação para os produtos resultantes da análise digital.

1.4.3 - Solos

Pinto Filho et alii (1977) identificaram cinco tipos de solos na área desta pesquisa: Solo Podzólico Vermelho-amarelo, Solos Hidromórficos (Laterita Hidromórfica, Gley pouco Húmico e Gley Húmico), Solos Areno-quartzosos, Latossolo Vermelho-amarelo e Terra Roxa Estruturada.

O **Solo Podzólico Vermelho-amarelo** é proveniente da decomposição de rochas ácidas como granitos, gnaisses e migmatitos. Em geral apresenta-se com uma textura que varia de argila a areia, boa drenagem, moderada profundidade e pouca pedregosidade, podendo aumentar a

pedregosidade em algumas partes. Geralmente é encontrado em relevos ondulados com cobertura vegetal do tipo Semi-sempre-verde. Localmente apresenta-se mosqueado, tendo concreções ferruginosas com cascalhos na superfície do terreno.

Os **Solos Hidromórficos** ocorrem em planícies aluvionares onde a ação da água é intensa, apresentando-se com alto grau de meteorização e drenagem deficiente. Localizam-se predominantemente sobre sedimentos do Terciário e Quaternário, na porção sudeste da área. Estes solos são pouco férteis. A cobertura vegetal predominante são os campos, podendo aparecer partes com mata do tipo Semi-verde.

Os **Solos Areno-quartzosos** são constituídos principalmente de areias provenientes de rochas como arenitos, siltitos e quartzitos, apresentando-se em áreas de relevo plano ou ondulado. São encontrados na parte noroeste da área de trabalho, nas proximidades do rio Urupá, provenientes da decomposição dos arenitos da formação Palmeiral, nas cabeceiras do rio Ricardo Franco e na porção sudoeste, entre a Chapada dos Parecis e a Planície do Guaporé. Possuem textura arenosa, são fortemente drenados, têm boa permeabilidade, e são distróficos. A cobertura vegetal predominante é do tipo Semi-sempre-verde, que mostra uma transição para o cerrado.

O **Latossolo Vermelho-amarelo** é encontrado na porção sudeste desta área, próximo à cidade de Vilhena, em regiões secas onde se desenvolvem cerrados e campos, e na parte leste, com vegetação Semi-sempre-verde. São classificados como distróficos ou eutróficos, de acordo com o substrato litológico, predominando os distróficos. Aparecem frequentemente associados a areias quartzosas distróficas.

Formam-se tanto em relevos planos como em relevos suavemente ondulados.

A **Terra Roxa Estruturada** é proveniente da alteração de rochas de composição básica. São solos eutróficos, bem argilosos, ricos em minerais ferro-magnesianos, mostrando um índice elevado de nutrientes. Mostra-se dispersa por toda área da pesquisa, devido à alteração de anfibolitos, metabasitos, basaltos, gabros, dioritos, etc. A cobertura vegetal predominante é a mata Equatorial Sempre Verde, em relevos ondulados.

O grau de evolução destes solos e o tipo de rocha matriz podem interferir significativamente na textura fotográfica e na tonalidade de cinza observadas em produtos de sendores remotos. Oliveira (no prelo) busca estabelecer parâmetros para o relacionamento entre os tipos de solos e o comportamento do relevo.

1.4.4 - Drenagem

O Planalto dos Parecis é o divisor de águas entre as bacias hidrográficas do rio Guaporé e do rio Jiparaná, ambos pertencentes à grande bacia hidrográfica do rio Amazonas. A bacia do rio Roosevelt, também drena a região em seu extremo nordeste (Apêndice D).

O rio Guaporé drena de sudeste para noroeste toda a porção sudoeste da área desta pesquisa. É também um importante acesso a esta parte do estado de Rondônia, sendo navegável praticamente em toda sua extensão. A partir do seu alto curso, seus principais afluentes na sua margem direita

são o rio Corumbiara, o rio Mequéns, o rio Colorado, o rio São Simão, o rio Branco e o rio São Miguel.

A bacia do rio Jiparaná ou Machado mostra quantitativamente maior importância, pois drena toda a região a partir da Serra dos Parecis. O rio Jiparaná é formado pela união das águas dos rios Pimenta Bueno (Apidiá) e Comemoração (Melgaço), junto à cidade de Pimenta Bueno. Próximo à cidade de Presidente Médice, as águas do rio Urupá desembocam no rio Jiparaná pela sua margem esquerda.

O rio Pimenta Bueno nasce no limite sudeste da área, próximo à divisa do estado de Rondônia com Mato Grosso, e o rio Comemoração nasce nas proximidades da cidade de Vilhena. O rio Urupá é o maior responsável pela drenagem da porção oeste da área para a bacia do rio Jiparaná, seguindo em direção paralela à falha Presidente Hermes. Outro afluente importante da bacia do rio Jiparaná é o rio Rolim de Moura ou São Pedro, que nasce ao norte da Serra dos Parecis, no centro da área da pesquisa.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Materiais

Foram utilizados diversos produtos de sensores remotos, dentre os quais pode-se citar imagens LANDSAT/TM e SPOT, mosaicos de radar do Projeto RADAMBRASIL e mapas de levantamentos aeromagnéticos dos projetos Serra dos Pacaás Novos e Serra dos Parecis, além dos mapas geológicos na escala 1:250000 e dos mapas de caminhamento na escala 1:100000 do Projeto Sudeste de Rondônia (Pinto Filho et alii, 1977). As principais características dos produtos de sensores remotos citados acima são descritas a seguir.

2.1.1 - Produtos de sensores orbitais

A escolha dos produtos de sensores remotos utilizados nesta pesquisa foi baseada nas características de aquisição de dados de cada sensor e disponibilidade destes produtos.

A Tabela 2.1 mostra as principais características das imagens em papel fotográfico utilizadas.

Foram utilizadas fitas CCT's LANDSAT-TM para o processamento digital de imagens de áreas escolhidas para estudos de detalhe. Neste processamento, utilizou-se as bandas 1,2,3,4,5,6 e 7 do LANDSAT/TM (Fig. 2.1) das órbitas e pontos relacionados na Tabela 2.1, e também os produtos digitais multi-espectrais do satélite SPOT, nas bandas 1,2 e

3, da área da região de Pimenta Bueno, órbita K680 e ponto J375 , data de aquisição 30.07.88 (Fig. 2.2).

TABELA 2.1

DADOS SOBRE IMAGENS ORBITAIS **LANDSAT/TM** UTILIZADAS

órbita	ponto	data	banda	elevação	az.solar	escala
230	68	05.07.87	4,5	39	47	1:250000
		13.08.84	4	45	56	1:250000
230	69	03.06.87	4,5	39	46	1:250000
		30.09.84	4	55	76	1:250000
231	68	23.06.86	4,5	39	47	1:250000
		04.08.84	4	43	53	1:250000
231	69	26.06.87	4,5	38	46	1:250000
		04.08.84	4	42	52	1:250000
230	68	23.06.86	4,5	39	47	1:500000
230	69	03.06.87	4,5	39	46	1:500000
231	68	23.06.86	4,5	39	47	1:500000
231	69	26.06.87	4,5	38	46	1:500000
230	68	15.07.85	4	40	48	1:1000000
230	69	13.06.85	4	39	45	1:1000000
231	68	07.08.85	4	43	54	1:1000000
231	69	07.08.85	4	42	53	1:1000000

Os equipamentos **IMAGE 100** do INPE em São José dos Campos-SP, e o **SITIM 150** (Sistema de Tratamento de Imagens), foram utilizados no processamento de imagens. O Sistema de Processamento de Mapas **PETROMAP**, o sistema de análise de dados direcionais-**DADIR** (Lewis,M.E), ambos da

PETROBRÁS, e o Sistema de Informações Geográficas-SGI, do INPE, foram utilizados na digitalização dos mapas de lineamentos.

2.1.2 - Produtos de sensores aerotransportados

Os dados de levantamentos aerogeofísicos dos Projetos Serra dos Pacaás Novos e Serra dos Parecis executados pela GEOFOTO S.A. Fotogrametria, Cartografia e Aerogeofísica foram processados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM (Fig. 2.1). Foram utilizados os mapas de contorno do campo magnético residual relacionados na Tabela 2.2, onde estão descritas as principais características destes projetos.

TABELA 2.2

DADOS SOBRE OS PROJETOS DE LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS

	Proj.Sa.Pacaás Novos	Proj.Sa.Parecis
Altura media de vôo	150 metros	150 metros
Direção linhas de vôo	N-S	N-S
Espaçamento entre linhas	2000 metros	2000 metros
Espaçam. linhas controle	20000 metros	18000 metros
Espaç. entre medidas	60 metros	62 metros
Precisão do magnetômetro	1 nanotesla	1 nanotesla
Época do levantamento	mai.-out./1978	ago.-out./1979
escala 1/	250000 e 100000	250000 e 100000

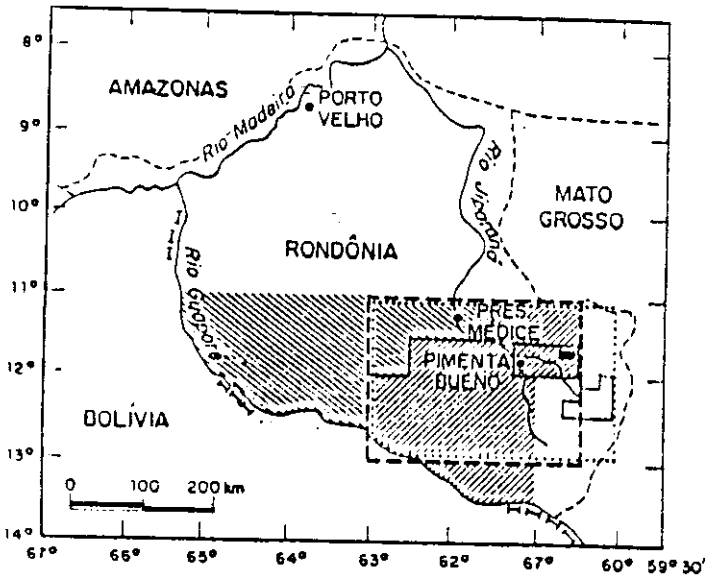


Fig. 2.1 - Mapa de localização dos projetos executados na região da bacia de Pimenta Bueno - RO.

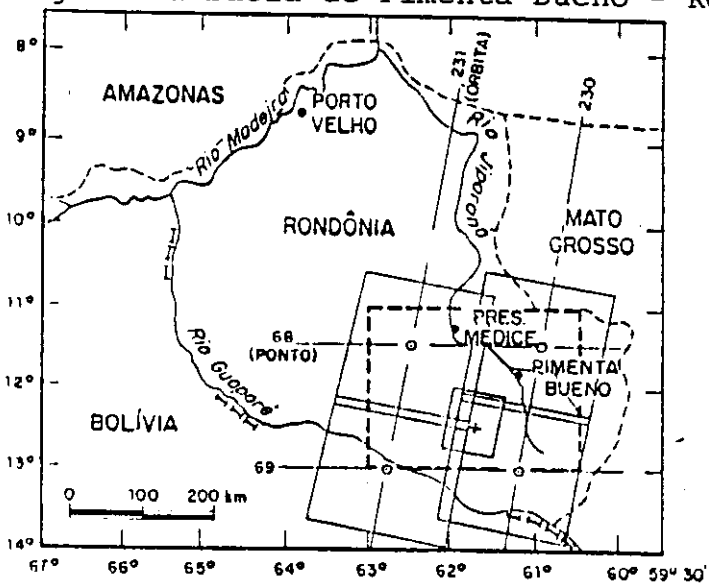


Fig. 2.2 - Mapa fotoíndice dos produtos orbitais utilizados.

LEGENDA:

- PROJ. SA. PACAÁS NOVOS
- PROJ. SA. PARECIS
- PROJ. SUDESTE RONDÔNIA
- PROJ. PRES. HERMES
- PROJ. CARVÃO ENERGÉTICO
- ÁREA DO PROJETO
- LIMITE INTERESTADUAL
- LIMITE INTERNACIONAL
- RIO
- CIDADE
- CENTRO DE IMAGEM SPOT
- CENTRO DE IMAGEM LANDSAT/TM

Utilizou-se as folhas SC20.Z-C/D e SD20.X-A/B, na escala 1:250.000, dos mosaicos semicontrolados de Radar (SLAR) do Projeto RADAMBRASIL, com direção de vôo N-S.

2.2 - Metodologia

As diversas fases desta pesquisa foram executadas conforme indicado no diagrama do fluxo de trabalho da Figura 2.3, de modo que os dados de cada fase pudessem ser correlacionados.

2.2.1 - Fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação

Os critérios utilizados nesta etapa foram desenvolvidos por Riveraux (1970) e Soares e Fiori (1976). Veneziani e Anjos (1982) e Veneziani e Crepani (1989), adaptaram tais critérios para o uso em produtos de sensores remotos multiespectrais com visão sinóptica e baixa resolução espacial. Por estes critérios, pode-se estabelecer uma função entre o objeto imageado e suas propriedades físicas e químicas, possibilitando a elaboração de mapas geológicos fotointerpretados com informações estratigráficas e estruturais, além de se obter dados sobre a provável cronologia dos eventos. Este método consta de três etapas: **fotoleitura**, **fotoanálise** e **fotointerpretação**.

A **fotoleitura** consiste no reconhecimento e na identificação de elementos de textura sobre as imagens fotográficas e sua associação com feições da superfície do terreno.

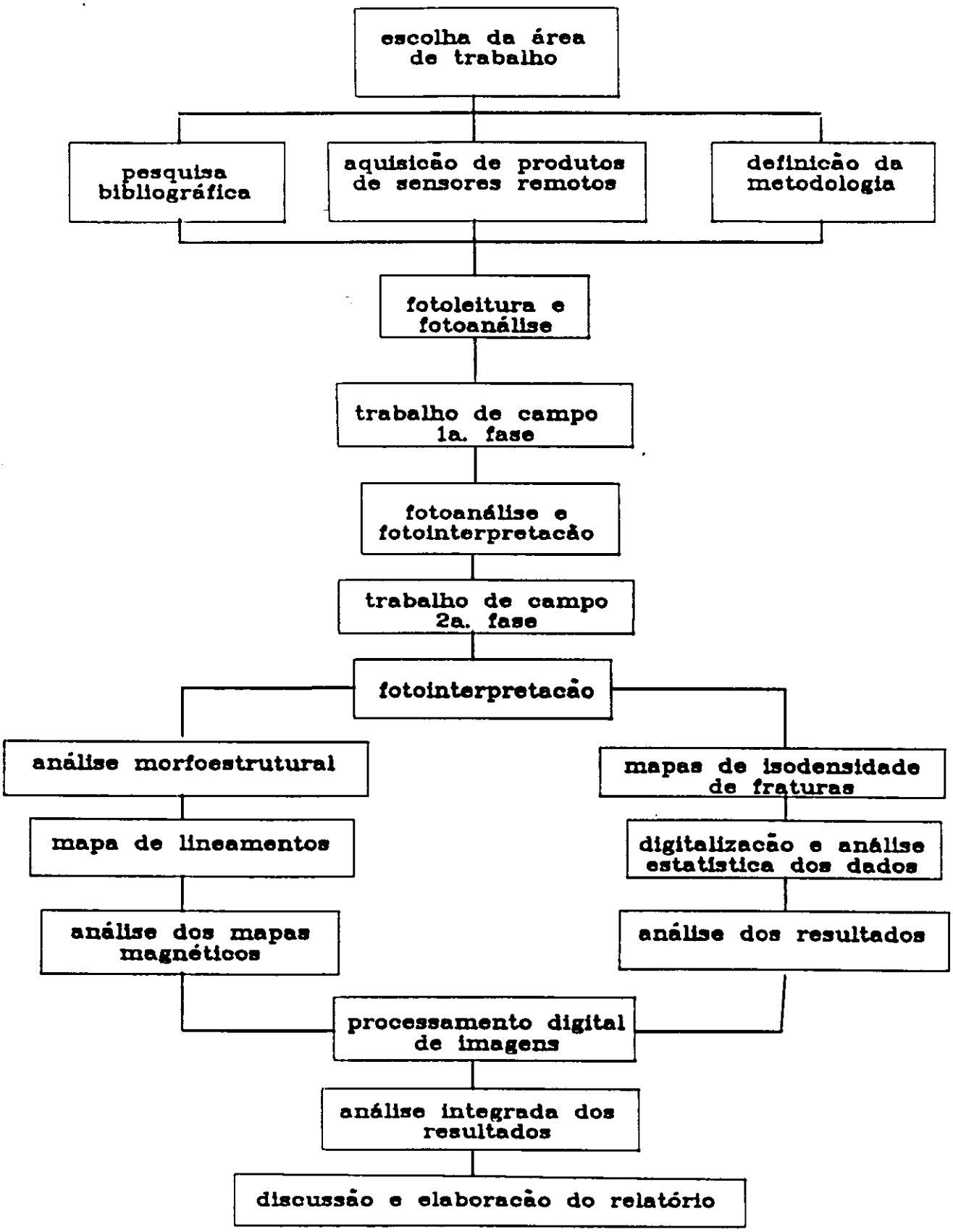


Fig. 2.3 - Diagrama do fluxo de trabalho.

Identificados tais elementos, procura-se observar suas relações çem uma ou mais imagens fotográficas na tentativa de definir a lei que rege seus padrões de distribuição no espaço (estrutura). Assim, é possível distinguir-se as formas em função do grau e da ordem de estruturação mostrados pelos elementos texturais. Tais procedimentos consistem no processo de fotoanálise, que se encerra com a definição de zonas homólogas. Soares e Fiori (1976) definiram 5 (cinco) propriedades que caracterizam as formas e definem as zonas homólogas:

1 - propriedade qualitativa dos elementos texturais

2 - densidade de textura

3 - estrutura

4 - grau de estruturação

5 - ordem de estruturação.

Os autores acima citados, seguindo tal linha de raciocínio, definiram as zonas homólogas como sendo zonas de repartição dos elementos texturais e sua organização, formadas pela repetição dos mesmos elementos e mesma estrutura. Definiram também, os tipos de limites de uma **zona homóloga**, que podem ser: **definidos**, **progressivos** ou **envoltórios**.

A Tabela 2.3 mostra a associação das feições observadas nos produtos utilizados com suas propriedades, sua classificação e a legenda utilizada no mapa de Fotoanálise (Apêndice D).

TABELA 2.3

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS DAS ZONAS HOMÓLOGAS

propr.dos materiais	propr.text. relevo/drenagem	classificação		legenda
Resist. à erosão	densidade de feições lineares retilíneas	nula	muito pouco resistente	MPR
		baixa	pouco resistente	PR
		moderada	moderadamente resistente	MDR
		alta	muito resistente	MR
permeabilidade	densidade de elementos texturais de drenagem	nula	permeável	P
		baixa	alta permeabilidade	AP
		moderada	moderadamente permeável	MDP
		alta	baixa permeab.	BP
anisotropia (plasticidade)	densidade de feições lineares orientadas	nula	não orientada	NO
		baixa	pouco orientada	PO
		moderada	moderadamente orientada	MDO
		alta	muito orientada	MO
isotropia (ruptibilidade)	densidade de feições lineares discretas	nula	não fraturada	NF
		baixa	pouco fraturada	PF
		moderada	moderadamente fraturada	MDF
		alta	muito fraturada	MF

FONTE: Veneziani e Crepani, 1989.

No mapa de **Fotoanálise** (**Apêndice D**), procurou-se identificar as relações de equivalência entre as zonas homólogas através do estudo das quebras negativas de relevo, quebras de simetria de drenagem, anisotropia e outras propriedades citadas na Tabela 2.3.

Após a definição das **zonas homólogas**, por dedução e síntese atribuiu-se um significado geológico para as feições observadas, e gerou-se um mapa geológico ao qual acrescentou-se as informações dos mapeamentos anteriores (**Apêndice E**).

Estudou-se também as propriedades litológicas, deformacionais e morfogenéticas, que envolvem o relevo e a drenagem e a relação entre estas e as propriedades físicas e químicas das rochas. As propriedades ligadas aos fatores litológicos e estruturais são: **resistência à erosão, permeabilidade, ruptibilidade, plasticidade, solubilidade e isotropia**. As deformações sofridas pelas rochas resultam principalmente na sua orientação, em dobramentos ou fraturas. Todos estes fatores são associados aos fatores morfogenéticos tais como clima, tectônica recente, nível de base, descarga de água, transporte e deposição de sedimentos. Os reflexos das propriedades das rochas são observadas nas formas de relevo e drenagem pelo fotointérprete.

2.2.2 - Mapas de lineamentos de relevo e drenagem, de alinhamentos magnéticos e de anomalias morfoestruturais

O mapa que contém os lineamentos de relevo e drenagem, os alinhamentos magnéticos e as anomalias morfoestruturais (**Apêndice G**), foi confeccionado a partir das

informações contidas nas imagens fotográficas e nos mapas aeromagnéticos.

O estudo das morfoestruturas foi baseado na análise dos dados de assimetria de relevo e drenagem.

Os alinhamentos de relevo e drenagem representam descontinuidades geológicas. As assimetrias de relevo e drenagem são associadas a feições planares inclinadas, tais como blocos basculados de rochas estratificadas ou acamamentos.

Foram traçadas linhas de contorno estrutural identificadas a partir do estudo da anisotropia da rede de drenagem observada nos mapas de caminhamento do Projeto Sudeste de Rondônia (Pinto Filho et alii, 1977) e também nas imagens LANDSAT/TM.

2.2.3 - Interpretação de dados de geofísica

A interpretação dos mapas de contorno do campo magnético seguiu os critérios utilizados por Gay Jr. (1972). Tais critérios visam a identificação de alinhamentos magnéticos e a interpretação de seu significado geológico. A partir dos mapas de contorno do campo magnético residual na escala 1:250000, procurou-se fazer uma interpretação qualitativa, para se estabelecer o carater geológico e o estilo tectônico da área. Tentou-se também definir a geometria dos corpos causadores das anomalias e correlacionar o padrão geométrico desses corpos magnéticos com as observações de campo, com dados de mapas geológicos anteriores, com dados multiespectrais das imagens de satélite e associar com teorias geológicas.

Gay Jr. (1972), associa os alinhamentos magnéticos de grande magnitude (que se correlacionam com falhas expressivas na superfície) a fraturas crustais, que podem

ter servido, ao longo do tempo, como conduto de magmas ou soluções hidrotermais.

As informações dos lineamentos magnéticos foram lançadas no mapa de alinhamentos de relevo e drenagem, lineamentos magnéticos e de anomalias morfoestruturais (**Apêndice G**).

2.2.4 - Trabalhos de campo

Foram executadas duas etapas de trabalhos de campo, que visaram o estudo de afloramentos de forma a se obter maiores conhecimentos sobre a estratigrafia da região e dados sobre as relações entre juntas dentro e fora da bacia sedimentar (**Apêndice** A).

Na primeira etapa fez-se o reconhecimento das principais unidades litoestratigráficas presentes na região da bacia sedimentar.

Na segunda etapa, foram executados perfis ao longo das rodovias e estradas vicinais da região (**Apêndice A**). No acompanhamento de campo para a execução destes perfis, utilizou-se imagens LANDSAT/TM nas bandas 4 e 5, escala 1:250000 e 1:500000. A banda 5 mostra um forte contraste entre a vegetação e o solo, mostrando-se fundamental para a localização em campo, enquanto a banda 4 (LANDSAT/TM), que realça as estruturas de relevo, fornece melhores informações para a identificação dos limites das zonas homólogas.

Dedicou-se atenção especial às regiões onde a cobertura vegetal causa maiores dificuldades para a

fotointerpretação, como nas regiões de espessa cobertura vegetal.

As medidas de campo da atitude das juntas foram plotadas em diagramas (Fig. 5.15; ver Seção 5.2.4). A descrição das juntas incluiu várias feições como: propriedades geométricas das superfícies (planar, curviplanar, irregular ou ondulada); densidade de juntas e sua dependência sobre a presença de deslocamentos; relações angulares entre as juntas de várias ordens; estruturas desenvolvidas sobre superfícies de juntas; e natureza do preenchimento da junta, caso haja.

Estes dados foram coletados na tentativa de melhor caracterizar os trendes de zonas de juntas (ver Secão 3.1).

2.2.5 - Processamento Digital

Os trabalhos de processamento digital de imagens visaram a obtenção de melhores produtos fotográficos em áreas de detalhe para serem utilizados na fotointerpretação. Foram baseados na experiência de autores como Paradela e Dutra (1980) e no manual de processamento de imagens da General Eletric (1975), principalmente em relação à aplicação de filtros isotrópicos.

Os resultados do tratamento digital de imagens confirmaram a dependência entre o tipo de feição que se quer realçar e a imagem original, uma vez que a imagem processada pode apenas realçar uma feição pré-existente. Esta dependência observada no processamento induz o fotointérprete a es-

tabelecer uma sequência adequada de processamento, e assim se obter o produto desejado.

2.2.5.1 - Filtragem

Foi utilizado um filtro isotrópico com o objetivo de realçar feições estruturais sobre regiões pouco dissecadas. A filtragem isotrópica, acompanhada de realce por ampliação de contraste visou a identificação de fraturas não visíveis na imagem original. O filtro aplicado é mostrado na Fig. 2.4.

```
        D          onde: A = 2  (valores baixos e positivos)
      A D A               B =-2  (valores baixos e negativos)
  B B B C B B B           C = 20 (valores positivos)
      A D A               D =-2  (valores baixos e negativos)
        D
```

Fig. 2.4 - Filtro isotrópico.

Esta máscara (filtro) nos dá um realce das bordas de feições existentes na imagem digital original (G.E., 1975).

2.2.5.2 - Ampliação de contraste

O realce por ampliação de contraste foi executado em diversas fases do processamento digital. Normalmente se executa este tipo de realce visando facilitar a interpretação visual dos elementos texturais nas composições

coloridas. Os principais canais LANDSAT/TM utilizados neste processamento foram os canais 3,4,5 e 7.

2.2.5.3 - Fatiamento de MNT

O Modelo Numérico de Terreno (MNT), foi obtido através da digitalização de curvas de nível. Este produto pode facilitar a interpretação da anisotropia da rede de drenagem e se obter um bloco diagrama da área e facilitar a interpretação da anisotropia da drenagem e demais feições características da movimentação de blocos.

2.2.5.4 - Realce por principais componentes

O realce por pricipais componentes trata-se de uma transformação que fornece combinações que redundam num erro quadrático médio mínimo, sendo uma ferramenta muito útil para um processo de redução de dimensionalidade (G.E, 1975). Foram utilizados os 3 canais do sensor SPOT. A composição colorida falsa cor com ampliação de contraste sobre a primeira componente e também sobre as bandas 2 e 3.

2.2.6 - Desenvolvimento da análise de fraturas

Para se analisar estatisticamente os dados sobre as **zonas de juntas** (ver Seção 3.1), foi utilizado o método de Aliyev (1980), que permite estabelecer o quadro de idades relativas considerados os diferentes sistemas de fraturas.

Inicialmente se executou a extração das feições lineares maiores que 3 mm nas imagens LANDSAT/TM na escala 1:250000, sobre toda área do trabalho. Nesta etapa, foi observado certa dificuldade na extração desses elementos

de textura lineares devido ao alto grau de uso do solo em boa parte da bacia e também na área do embasamento.

A dificuldade observada na etapa de fotoleitura decorrente do alto grau de uso do solo foi parcialmente eliminada pela aquisição de imagens mais antigas, uma vez que as imagens adquiridas eram relativamente recentes. Os mosaicos de radar também foram usados nesta etapa, de forma a implementar a aquisição de dados sobre feições lineares.

Um terceiro overlay foi confeccionado a partir das informações de ambos os produtos citados no parágrafo anterior, conjugando-se tais dados de modo a evitar duplicidade de informações (**Apêndice B**).

A interpretação dos resultados foi feita de forma qualitativa, para que a análise estatística destas informações conjugadas não tornar-se tendenciosa. Levou-se em conta que ambos sensores LANDSAT/TM E SLAR realçam algumas direções e omitem ou atenuam outras (Braun, 1982) e que as condições de identificação das feições lineares na área desta pesquisa também não é uniforme.

A partir do mapa de **feições lineares de relevo e drenagem**, fez-se o processamento das informações de duas maneiras. Na primeira, separou-se as direções que caracterizam **trendes de zonas de juntas** de forma gráfica, sendo que a contagem das unidades de feições lineares foi feita com o auxílio de uma malha quadrada. O **mapa de isodensidade de fraturas** é o resultado deste processamento (**Apêndice C**); na segunda forma de processamento, digitalizou-se as informações de feições lineares utilizando-se facilidades do sistema PETROMAP, da Petrobrás, visando o processamento no sistema DADIR, também da Petrobrás-CENPES. Por problemas operacionais, não se pode gerar o produto final, que seria a curva de isodensidade de fraturas. No

entanto obteve-se um histograma com a distribuição das feições por azimute (Fig. 5.16, ver Seção 5.2.4).

No tratamento gráfico dos dados de fraturas, separou-se duas direções que caracterizassem **trendes de zonas de juntas** com azimutes distintos por overlay, de modo a facilitar a contagem dos dados de fraturas para cada direção.

A contagem dos dados de fraturas seguiu os critérios de Alyiev (1980). Utilizou-se uma malha quadrada de 3 centímetros de lado, colocada sobre os mapas, de modo a se obter uma matriz com os valores de cada célula.

Para efeito de contagem considerou-se o comprimento mínimo de 3mm da feição linear em mapa, como sendo a unidade do elemento de textura linear. Segundo Alyiev (1980), este é o menor comprimento para o qual se pode avaliar o azimute da zona de junta, com boa precisão.

Após esta etapa de contagem, plotou-se esses dados sobre uma malha e fez-se o contorno por curvas de isodensidade de fraturas (**Apêndice C**).

Os **eixos de distribuição** destas **zonas de juntas** foram obtidos a partir da forma das curvas para cada direção de zona de juntas individual (**Apêndice C** e Tabela 5.2, ver Seção 5.2.2).

A determinação da direção preferencial que controla a distribuição de fraturas na região foi através da contagem do número de eixos de distribuição de fraturas para cada direção de eixo, observada nos mapas de isodensidade de fraturas. Segundo Alyiev (1980), Santos (1986), Veneziani (1987) e Crepani (1987), tais eixos representam as principais direções de fraqueza da crosta, em uma determinada região estudada. Estas antigas direções de fraqueza crustal são

responsáveis pelo controle e desenvolvimento das estruturas geradas em eventos tectônicos subsequentes.

Os eixos de controle são mostrados na Tabela 5.2 (ver Seção 5.2.2). Nesta tabela tem-se a distribuição dos eixos de controle para cada direção caracterizada como um trende de fraturas ocorrido na área em estudo.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

CAPÍTULO 3

REVISÃO DE CONCEITOS

3.1 - Fraturas

De acordo com o enfoque dado neste trabalho, é apropriado se relembrar a definição dos elementos geométricos aqui adotada.

Bles (1986) define **Fratura** como sendo qualquer descontinuidade de origem mecânica ou tectônica sobre rochas da crosta terrestre. Este termo inclui as juntas, fraturas de tensão, estilólitos e falhas de vários tipos. Cada tipo de fratura pode ser descrito geometricamente pela definição de sua morfologia, sua extensão ou continuidade, seu espaçamento, sua largura e também pela natureza do pre-enchimento ou abertura.

Juntas são descontinuidades cujos lados são contíguos e não mostram deslocamento relativo entre as duas porções. Caso a fratura mostre algum deslocamento relativo entre as duas partes ao longo de uma direção paralela ao plano de separação, tem-se uma **falha.** Sempre que fraturas ou outras descontinuidades ocorrem em uma rocha, criam anisotropias planares que alteram a distribuição das tensões próximas a cada descontinuidade.

Falhas podem ter um carater retilíneo ou arqueado, condicionar assimetrias de relevo e drenagem, constituir limites de estratos rochosos com competência diferente (refletida pela anisotropia da rede drenagem), e também dar origem a quebras negativas de relevo. Le Fournier (1985) associa também o efeito de barragem de drenagens e a

mudança brusca de direção destas drenagens, ou a formação de lagos junto às falhas.

Quando as juntas não mostram sinais de movimento, torna-se difícil indicar a causa da sua origem, a não ser que estas estejam relacionadas a outros tipos de deformações como dobras ou falhas, principalmente quando estas possuem a mesma orientação de uma falha ou aumentam a frequência ao se aproximar desta, tornando razoável se atribuir mesma origem tectônica a estas. Se as juntas mostram disposição simétrica em relação a eixos de dobras, também podemos sugerir a mesma origem. Neste caso o relacionamento nem sempre é óbvio porque as juntas podem se formar antes, durante ou depois do dobramento.

Plicka (1974), definiu dois tipos de macro-juntas, que são: **juntas de acamamento** e **zona de juntas**. O termo **juntas de acamamento** inclui as juntas que estão confinadas a uma camada e/ou estrato imediatamente adjacentes. Na maior parte dos casos elas formam dois sistemas grosseiramente perpendiculares entre si, dentro de uma dada camada, ou também com um terceiro sistema adicional, com direção diagonal às anteriores. O número destas juntas de acamamento aumenta com a diminuição da espessura da camada.

Utiliza-se aqui, a definição de **zona de juntas** Plicka (1974), que assim denominou os sistemas de juntas mais ou menos paralelas, com alto ângulo de mergulho e espaçamento frequentemente variando entre 10 e 30 centímetros ou até mais (Fig. 5.19). Estas **zonas de juntas** possuem largura variando entre 0.5 a 6 metros, e se prolongam por grandes áreas e longas distâncias, possuindo extensão vertical da mesma forma grande. Caso as **zonas de juntas** de um dado sistema, ou azimute, mostrem repetitividade a distâncias de poucos a dezenas de metros umas das outras, atribui-se a denominação de **conjunto de zonas de juntas**. As **zonas de juntas** delineam estruturas tectônicas, e deste modo,

possibilitam o esboço do arcabouço tectônico de uma dada região e o descobrimento da direção de falhas.

3.2 - Análise dos dados de feições lineares

Neste trabalho faz-se a identificação dos elementos de textura retilíneos de drenagem (feições lineares negativas) que possam definir as **zonas de juntas** nos produtos de sensoriamento remoto (Fig. 5.13, ver Seção 5.2.8). Estas **feições lineares retilíneas de drenagem** encontram-se geralmente associadas a rupturas de declive negativas ou elementos texturais de drenagem retilíneos, que representam a interseção de zonas verticais a sub-verticais com a superfície do terreno (Veneziani, 1987). Estas feições foram delineadas a partir das imagens LANDSAT/TM e dos mosáicos de Radar, na escala de 1:250000 sobre toda área do trabalho.

As **zonas de juntas** podem ser indicadores superficiais de falhas profundas detectadas por métodos geofísicos, especialmente quando o mapeamento destas falhas é prejudicado pela existência de cobertura sedimentar, por exemplo.

O uso de **feições lineares retilíneas de drenagem** para a locação de estruturas cobertas é baseado na premissa fundamental de que estas feições são reflexos de sistemas de fraturas da rocha em sub-superfície e se propagam até a superfície (Mollard, 1957; segundo Babcock, 1974). Outra premissa necessária para a determinação da localização de estruturas mascaradas é que estruturas em sub-superfície geralmente produzem modelos de fraturas distintos ou variações na densidade de fraturas, por unidade de área (Blanchet, 1957; Haman, 1961; segundo Babcock 1974).

Babcock (1974) analisou a importância do lineamento do ponto de vista estrutural, demonstrando a

existência de correlação geométrica entre as orientações dos lineamentos e as orientações das juntas. Apontou os atributos do terreno ou da geologia de superfície que afetam a densidade de feições lineares, mas concluiu que apesar das feições lineares serem provavelmente a reflexão em superfície de juntas das rochas, não havia sido ainda comprovada esta associação. As feições lineares parecem dar uma indicação regional do modelo de distribuição de juntas e provavelmente podem ser usados para o estudo da textura destas zonas de juntas.

Nickelsen (1974), chama atenção para a natureza cumulativa, poligenética, persistente dos modelos de fraturas, pois estes modelos cumulativos podem ser gerados por fraturamento inicial e posteriormente serem gravados, diferentemente orientados, resultando em um complexo modelo de fraturas de uma região. Este autor define os modelos de fraturas como cumulativos e persistentes, o que implica na possibilidade de diferenciação e identificação dos vários episódios de fraturamentos da evolução de uma dada região. Afirma ainda que a superfície topográfica pode ou não ser uma reflexão da tectônica pré/existente ou de fraturas propagadas; isso pode resultar de intemperismo diferencial.

Nickelsen (1974), afirma que existem grandes evidências de que alguns lineamentos em fotos de grande escala são a expressão superficial das zonas de juntas conforme definição de Plicka (1974).

3.3 - Bacias tipo graben

Harding (1984), estudou diversos tipos de trapas e estilos estruturais de bacias tipo graben. O modelo de falha é dominado por falhas longitudinais, sub-paralelas ao eixo maior do graben e cortadas secundariamente por falhas oblíquas. A direção e o grau de rotação do bloco são

influenciados pelo tipo da falha (planar ou lístrica), grau de extensão, modelo da falha (doglegs, junções e terminações), solapamento e subsidência da bacia e ajustes isostáticos entre grandes blocos. O fechamento do ciclo é dado com a deposição de uma bacia superimposta ao graben. Os sedimentos superimpostos ao gráben deverão sofrer compactação diferencial sobre as linhas de falhas dos blocos basculados, o que deve refletir-se na topografia.

Uma **bacia tipo rifte** pode ser caracterizada indidualmente por uma zona colapsada, variando lateralmente para escarpas claramente de origem tectônica. Os movimentos tectônicos podem gerar uma barragem no sistema fluvial que corre no eixo do rifte, formando lagos e zonas de assimetria de drenagem próximo às falhas. Pode-se associar vários ambientes sedimentares (facies típicas), como fan aluvial ou fan delta, desenvolvidos nas bases de encostas suaves, contrastando com depósitos caóticos tipo **piedmont** formados ao longo de encostas abruptas. Sistemas fluviais predominantemente do tipo meandrante são comuns nas zonas axiais. Os canais fluviais são caracterizados por um baixo gradiente e formação de lagos (Le Fournier, 1985).

Gibbs (1984) apresenta um novo modelo de evolução estrutural de **bacias distensionais**, sugerindo forte similaridade na geometria entre falhas em bacias de alta extensão e aquelas em zonas compressionais. Apresenta a introdução de novos termos para a descrição do estilo estrutural no contexto da formação da bacia e discussão da analogia geométrica. Baseia-se na interpretação de dados sísmicos do Mar do Norte. Este autor caracteriza as **bacias distensionais** como sendo aquelas de margens falhadas com sistemas de blocos altos basculados e terraços desenvolvidos sobre falhas lístricas e planares e/ou falhas normais planares. Os elementos estruturais destas margens são: **offset** por rampas de transferência lateral e dobras que indicam a subsidência complexa ocorrida ao longo da margem da bacia.

Após a fase de extensão, pode-se ter uma fase de subsidência térmica resultando em rotação de grande escala e na reativação de antigas geometrias.

Lister et alii (1986) também estudaram os processos de formação destas **bacias distensionais** e mencionaram a grande importância das falhas de deslocamento nos processos de extensão da litosfera, conduzindo a assimetrias inerentes às estruturas distensionais e modelos de soerguimento e subsidência. A comparação entre modelos de rifteamentos simétricos e assimétricos, perfis sísmicos e estudos da assimetria estrutural pode ser um diagnóstico geral do desenvolvimento de uma margem passiva.

Bles (1986), apresenta um modelo de distribuição de fraturas ao longo de uma zona de falhas normais (Fig. 3.1). Por este modelo, atribui-se a formação de fraturas paralelas ao eixo maior de distensão da bacia. Podem também ocorrer fraturas transversais.

Vários ambientes sedimentares podem ser associados ao longo da evolução de um ambiente tectonicamente ativo tipo rifte. Le Fournier (1985) define as fases de **estiramento crustal, estiramento crustal com basculamento de blocos** e **estiramento crustal com colapso** como sendo as principais responsáveis pelos ambientes deposicionais observados no sistema rifte do leste africano.

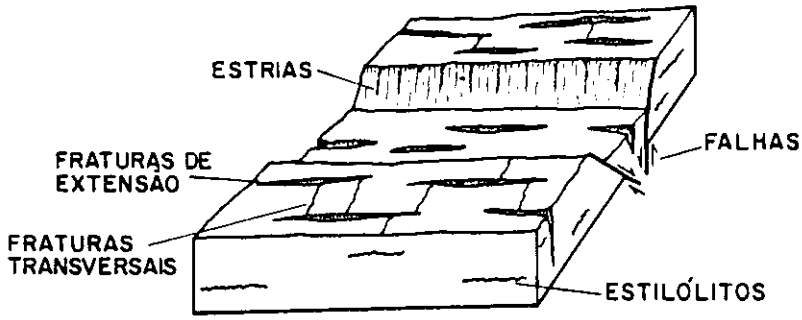


Fig. 3.1 - Distribuição de fraturas ao longo de uma zona de distensão (falhas normais).

FONTE: Adaptado de Bles (1986), p. 93.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

CAPÍTULO 4

GEOLOGIA DA ÁREA

4.1 - Tectônica regional

Braun (1982), reconhece duas províncias tectônicas distintas no território brasileiro: a Província Amazônica e a Província Atlântica, agrupando os grandes lineamentos em quatro sistemas, que são o Noroeste, o Nordeste, o Paraiba do Sul (ENE) e o Espinhaço (NNE). A região estudada localiza-se na Província Amazônica, onde são identificados principalmente os sistemas de fraturas Noroeste e Nordeste.

4.1.1 - Tectônica local

Pinto Filho et alii (1977) indica como feições mais conspícuas na área da bacia, as falhas de direção geral E-W, e também os sistemas de falhas menos destacados de direções NE e NW, nos quais se tem extensas faixas de cataclasitos. Este autor ressalta a concordância direcional entre os principais sistemas de falha e a estrutura regional do embasamento, que obedece uma foliação geral E-W com mergulhos variáveis entre 60 e 90 graus. Tem-se também a associação das principais falhas com bordos de bacias sedimentares, indicando uma reativação de natureza epirogenética na área do Projeto Sudeste de Rondônia (Pinto Filho et alii, 1977), e a presença de sinclinais e anticlinais assimétricos, abertos, cujos eixos plungeantes

mergulham para leste e para oeste sobre as rochas da formação Mutum-paraná.

A formação Palmeiral mostra um fraturamento com direção geral ENE-WSW, verticais com preenchimento por veios de quartzo leitoso. Nas unidades paleozóicas tem-se um fraturamento ortogonal, com excessão das unidades da formação Pimenta Bueno (diamictitos), onde o fraturamento é menos notável. Já nas unidades mesozóicas, as fraturas são bem menos notáveis, ressaltando-se uma direção N-S/90 graus.

Brasil (1978), considera o graben de Pimenta Bueno um testemunho das fases de ativação, elaborado a partir de reativações de falhas antigas.

4.2 - Geologia local

O Projeto Sudeste de Rondônia foi executado pela CPRM-RO (Pinto Filho et alii, 1977). Foram definidas doze unidades geológicas na área deste projeto, que são: Complexo Basal, grupo Uatumã, formação Mutum-paraná, formação Palmeiral, Complexo Anorogênico Rondoniense, unidade PCI, unidade PCII, unidade PCIII, formação Botucatu, Basalto Anari, formação Parecis e unidade Terciário Quaternário Detrítico Laterítico, além do Quaternário aluvionar. Foram feitas correlações estratigráficas e considerações a respeito e do arcabouço estrutural da bacia de Pimenta Bueno e da evolução tectônica da área.

O Projeto Presidente Hermes (Dias et alii, 1978) visou a avaliação de uma jazida de calcário dolomítico no quadrante nordeste da quadrícula SC.20-Z-D-V, no município de Pimenta Bueno (Fig. 2.2, ver Seção 2.1).

Foi executado um trabalho de sondagem para a avaliação de ocorrências de carvão mineral pelo projeto

Carvão Mineral de Rondônia (Soeiro et alii, 1981). Este autor menciona a natureza rítmica destes depósitos a partir de dados de sondagem executado no ponto de coordenadas 60o36' de latitude sul e 12o13' de longitude oeste.

As folhas SC.20 (Porto Velho) e SD.20 (Guaporé) do Projeto RADAMBRASIL, abrangem a área desta pesquisa. Este projeto visou o cadastramento e a avaliação de áreas prospectáveis do ponto de vista de recursos naturais. Foram introduzidas diversas alterações de cunho estratigráfico sobre as formações relacionadas no Projeto Sudeste de Rondônia.

As unidades identificadas na área desta pesquisa são descritas a seguir.

4.2.1 - Embasamento cristalino

Pinto Filho et alii (1977) estenderam a denominação Complexo Basal dada por Souza et alii (1975), às rochas tais como granitos de anatexia, gnaisses, migmatitos, dioritos, anfibolitos, charnoquitos e rochas calcio-silicatadas, a área do Projeto Noroeste de Rondônia (Souza et alii, 1975), sendo estas correlacionáveis às rochas do Complexo Xingu (Brasil, 1978).

As rochas do Complexo Basal constituem regionalmente a Plataforma do Guaporé. Pinto Filho et alii (1977) relacionaram esta unidade ao evento Transamazônico, atribuindo a idade de 1800 a 2200 M.a., ou seja, no Proterozóico Inferior.

Ramgrab e Santos (1974) englobaram sob a denominação de grupo Uatumã as rochas provenientes de magmatismo ácido a intermediário (eruptivo e intrusivo). Os principais litotipos encontrados na região são quartzo-

pórfiros, granitos, tufos, riolitos e secundariamente tem-se andesitos, monzonitos, riodacitos, augititos e traquitos.

Diversas datações realizadas sobre estas rochas são relacionadas por Pinto Filho et alii (1977), que atribui a este evento vulcânico/tectônico anorogênico semi-cratônico a idade proterozóica médio.

A denominação Complexo Anorogênico Rondoniense foi atribuída por Pinto Filho et alii (1977) às intrusivas anorogênicas que se originaram durante o evento Rondoniense, independentemente de sua natureza composicional, englobando litologias de carater ácido até ultrabásico, além dos sills e diques de rochas básicas que cortam o embasamento, o grupo Uatumã e a formação Mutum-paraná. Destacam-se as rochas do Complexo Básiso-Ultrabásico de Cacoal, do Complexo Diorítico Mequéns, do Complexo Norítico Colorado, do Complexo Granítico Rio Novo, do Complexo Diorítico Novo Mundo e do Complexo Diorítico Omeré. Os litotipos variam de granitos a peridotitos, exibindo diversos tipos intermediários tais como dioritos, noritos, olivina-gabros e serpentinitos.

Datações efetuadas em rochas desta unidade acusam idades em torno de 1000 M.a., comprovando uma ativação tectônica do craton inerente à região de Rondônia.

4.2.2 - Sedimentos proterozóicos

As rochas da formação Mutum-paraná são quartzitos (meta-arenitos a meta-arcóseos) e filitos metamorfizados de natureza vulcano-sedimentar, que constituem a primeira deposição sedimentar pós-orogênica sobre o embasamento (Pinto Filho et alii, 1977).

Estas rochas ocorrem em diversos pontos na área desta pesquisa. Na porção nordeste, mostram-se

sobrepostas às rochas do grupo Uatumã, dispostas em sinclinais e anticlinais com eixo na direção aproximada ENE-WSW. Na porção centro-norte estes sedimentos ocorrem preenchendo dois grabens alongados no sentido norte-sul sobre as rochas do embasamento granito-gnáissico. Na porção noroeste, estas rochas encontram-se também sobre as rochas do Complexo Basal, em contato por falhas no seu limite sul, limitando-se a norte com os sedimentos paleozóicos.

Pinto Filho et alii (1977) sugerem que estes sedimentos formaram-se entre o magmatismo Uatumã e o evento ígneo Rondoniense (1000 +/- 45 M.a.), correlacionando-os com o grupo Beneficente, de idade em torno de 1450 M.a.. Brasil (1978), englobou os sedimentos desta formação sob a denominação grupo Beneficente e reunem tais rochas às rochas do grupo Uatumã sob a denominação de super grupo Uatumã.

As rochas da formação Palmeiral são arcóseos conglomeráticos e arcóseos separados dos sedimentos da formação Mutum-paraná por um conglomerado basal. Estes sedimentos dispõem-se em duas ramificações na direção geral NE-SW, separadas por um alto do embasamento granito-gnáissico, em contato por falhas ou por discordância litológica na porção noroeste da área mapeada.

Os sedimentos da formação Palmeiral são tipicamente de ambiente continental, depositados em zona de rápida subsidência, mostrando-se mais perturbados tectonicamente nos bordos da bacia, o que pode caracterizar a deposição em estruturas tipo graben (Souza et alii, 1975). Brasil (1978) propõe a denominação de formação Pacaás Novos para estes sedimentos, sendo estes a porção superior do grupo

Guajará-Mirim, e acrescentando-se a esta unidade os quartzitos e brechas tectônicas geradas em zonas de falhas.

4.2.3 - Sedimentos paleozóicos

A unidade Permocarbonífero I foi individualizada por Pinto Filho et alii (1977). São folhelhos e arenitos interdigitados, cujas melhores exposições localizam-se nas proximidades da cidade de Pimenta Bueno e do rio homônimo. Esta unidade ocorre em duas áreas limitadas por um alto estrutural de embasamento, que correspondem às partes centro-norte (graben de Pimenta Bueno) e centro-sul (graben do Colorado) da área desta pesquisa. Os sedimentos do gráben de Pimenta Bueno limitam-se a norte com o Complexo Basal, a leste com os sedimentos da unidade PCII e formação Parecis, ao sul com o embasamento e com a unidade PCII, e a oeste também com a unidade PCII.

O contato desta unidade com os sedimentos da unidade PCII se dá de forma gradativa, sendo brusco com os sedimentos da unidade Permocarbonífero III (Arenito da Fazenda Casa Branca de Brasil, 1978). Estas rochas encontram-se em discordância litológica e por falhas com as rochas do Complexo Basal.

A denominação **graben do Colorado** foi atribuída por Siqueira (1988) à porção sedimentar paleozóica alongada segundo a direção E-W e limitada a norte pela falha do Colorado, na porção centro-sul da área de pesquisa (Fig. 5.20 da Seção 5.4). Os sedimentos da unidade PCI ocorrem na forma de uma extensa superfície plano-ondulada, com platôs residuais. São fortes os desníveis entre os platôs e os níveis de base dos vales aluviais. Isto se deve à provável predominância de arenitos nesta área. Os folhelhos, da

unidade PCI, mostram-se predominantemente intercalados em camadas decimétricas nas porções basais.

Os folhelhos da unidade PCI possuem cor marrom chocolate, com variações avermelhadas, tendo níveis milimétricos cinza esverdeados. Mostram laminação plano-paralela, e são bastante físseis. Os níveis arenosos são constituídos por arcóseos e arenitos feldspáticos, de granulometria fina a média. Os grãos são sub-arredondados, contendo grande porcentagem de muscovita e clorita clásticas. Possuem coloração marrom, variando localmente no domínio do graben do Colorado para coloração creme. Estes arcóseos mostram estratificação plano-paralela milimétrica e cruzada lenticular de pequena amplitude, em marcas de onda e em **climmbing ripples.**

Pinto Filho et alii (1977) observaram vestígios orgânicos indicativos de uma idade Permiana/Carbonífera para esta unidade. Foram encontrados uma constelação de pólens filiados aos grupos vegetais **Pterophyta** e **Lycopodophyta.** Não foram observados nenhum vestígio fossilífero nas amostras de folhelho.

A unidade Permocarbonífero II foi definida por Pinto Filho et alii (1977), que relacionou estas litologias a eventos glaciais atuantes na região durante o permocarbonífero. Os litotipos predominantes desta unidade são diamictitos e carbonatos laminados. Estas rochas e as rochas da unidade Permocarbonífero I foram englobadas por Brasil (1978) sob a denominação de formação Pimenta Bueno. Siqueira (1988) usa a denominação de formação Cacoal para os arenitos arcoseanos e folhelhos da unidade Permocarbonífero II, e formação Pimenta Bueno para os sedimentos da unidade Permocarbonífero I.

Estas rochas sobrepõem-se ao embasamento em discordância litológica, ocorrendo também contatos por falha.

A superfície morfológica desta unidade é caracterizada por um relevo ondulado, situando-se sempre nos limites da bacia paleozóica do graben de Pimenta Bueno e também preenchendo uma calha tectônica de direção norte-sul, na porção centro-norte da área, em sua maior parte sobre rochas do grupo Uatumã. Não foram observados a presença destes litotipos no **gráben do Colorado.**

Os diamictitos mostram uma matriz argilo-arenosa de coloração marrom avermelhada, com má classificação e mau selecionamento. Os seixos são polimícticos com tamanho variado, sendo normalmente achatados e às vezes com estrias de deslizamento. Foi observado cimento calcífero envolvendo estes seixos e definindo níveis dentro da matriz. Intercalações de clásticos finos a grosseiros formando lentes foram observadas, o que podem indicar a presença de tempestitos.

Os calcários rítmicos e os varvitos são os representantes de um facies lacustre nesta unidade (Pinto Filho et alii, 1977). Os primeiros possuem estratificação plano-paralela bem definida, com alternância de argilito castanho e calcarenito síltico esverdeado.

Pinto Filho et alii, (1977) mencionaram a ocorrência de uma assembléia fossilífera filiada aos grupos vegetais **Pterophyta e Lycopodophyta**, que é típica do período Permocarbonífero. Nesta pesquisa, foram analisadas diversas amostras das rochas das unidades Permocarbonífero I e Permocarbonífero II no Centro de Pesquisas Leopoldo A. Migues de Mello-CENPES. Nestas amostras não foram encontrados nenhum vestígio fossilífero, talvez devido ao forte estado de oxidação em que se encontravam as amostras do calcário.

O Arenito da Fazenda Casa Branca (Brasil, 1978) foi inicialmente descrito por Pinto Filho et alii (1977) sob a denominação de unidade Permocarbonífero III, e

correlacionado às rochas do Eopzi (Eo-Paleozóico indiviso) de Padilha et alii (1974) e também às rochas do grupo Aquidauana.

São arenitos de coloração branca a amarela, localmente se tem níveis rosados, os grãos mostram-se bem selecionados, subangulosos, com esfericidade baixa a média. Pode-se ter seixos de quartzo dispersos na rocha. Em direção ao topo, tem-se uma gradação para um arenito feldspático e localmente se tem grauvacas. São frequentes níveis / conglomeráticos, com grãos angulosos, mal selecionamento e acamamento gradacional. Neste horizonte se tem intercalações de camadas de siltitos e argilitos.

São frequentes as diáclases segundo as direções N40W/sv e N50E/sv. As fraturas que controlam os leitos dos rios Roosevelt e Comemoração obedecem a direção N40W.

4.2.4 - Cobertura mesozóica

As rochas da formação Botucatu foram inicialmente consideradas um fácies eólico basal da formação Parecis por Figueiredo et alii (1974) in Pinto Filho et alii (1977), porém este último autor individualizou esta formação e a incluíu no evento Botucatu.

São arenitos feldspáticos de granulometria média a fina, bem classificados e esféricos. Os grãos mostram superfície fosca devido ao transporte eólico. Sua coloração é geralmente vermelha, passando a amarela devido à alteração. Mostram estratificação cruzada de grande porte e ângulos de

até 30 graus. São frequentes os truncamentos por superfícies planas ou onduladas.

A denominação basalto Anari foi proposta por Pinto Filho et alii (1977) para as rochas decorrentes de um vulcanismo básico e restritamente ultrabásico, posterior à deposição dos sedimentos que constituem a sequência permocarbonífera como também posterior à formação Botucatu, na área do graben do Colorado.

Este derrame basáltico ocorre em uma faixa alongada na direção ESE-WNW, na porção intermediária do graben do Colorado. O litotipo predominante é um basalto com granulação fina a afanítica, alveolar, de coloração cinza chumbo e negra, frequentemente diaclasado. Tem-se pequenos corpos de diabásio associados a estes derrames. As datações realizadas por Brasil (1979), vieram a confirmar idade cretácica, que foi proposta por Pinto Filho et alii (1977), para este derrame.

A formação Parecis é composta basicamente por arenitos e conglomerados. Os arenitos são de coloração branca, grãos arredondados e cimento silicoso. São frequentes estruturas primárias como dobras convolutas e estratificação plano-paralela. Os conglomerados distribuem-se na base desta formação, sendo petromícticos de matriz areno-caolinítica de coloração creme, mal estratificados, com seixos de até 15 cm de diâmetro.

Segundo Pinto Filho et alii (1977), os arenitos da formação Parecis são compostos por clastos retrabalhados provenientes das formações arenosas mais antigas da região, como a formação Botucatu e Arenito da Fazenda Casa Branca por exemplo.

CAPITULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os novos dados sobre a região estudada, que foram obtidos a partir da metodologia aqui empregada, serão discutidos neste Capítulo, que também fará a integração destes dados com os dados dos trabalhos anteriores. Serão também discutidos os problemas gerais encontrados na utilização dos produtos de sensores remotos.

5.1-Caracterização dos ambientes sedimentares

A bacia sedimentar de Pimenta Bueno é caracterizada por ser do tipo graben, sendo dividida em dois ramos alongados com eixo deposicional na direção aproximada EW, que são os grábens de Pimenta Bueno e Colorado.

5.1.1 - Graben de Pimenta Bueno

O **graben de Pimenta Bueno** é preenchido predominantemente por sedimentos paleozóicos. Nota-se a presença de inselbergs das formações sedimentares de idade proterozóica ao longo do seu eixo, em sua porção noroeste.

O limite norte deste gráben é feito através da falha de Presidente Hermes. Esta falha é escalonada com direção geral N65W, apresentando variações direcionais nas proximidades da cidade de Espigão do Oeste para N45W e EW.

Os sedimentos que preenchem o gráben mostram um ligeiro caimento para norte (aproximadamente 5o), e são formados predominantemente por folhelhos de coloração marrom

avermelhada, com níveis de arenito arcoseano de coloração cinza arroxeada.

Bordejando o graben, tem-se zonas de milonitização, brechas tectônicas e também os diamictitos da unidade PCII.

Na área do **gráben de Pimenta Bueno** foi individualizada uma cobertura coluvial com espessura aproximada de 5 metros. Este terraço coluvial é facilmente identificado em imagens de satélite (LANDSAT/TM) por sua cobertura vegetal e respectiva tonalidade de cinza e pela quebra negativa de relevo, geralmente bem evidente. Nota-se características fotográficas semelhantes às da cobertura coluvial existente sobre a formação Parecis (**Apêndice D - zonas homólogas IIE e IIC**).

Atribuiu-se idade terciária/quaternária a esta cobertura, pois provavelmente representa um evento erosivo pós Cretáceo, causado pela eventual captura de um sistema fluvial de grande porte nesta época, tal como os rios que atualmente entalham as rochas paleozóicas.

A disposição geográfica dos diamictitos, que são condicionados às bordas do **graben de Pimenta Bueno**, sugere duas hipóteses: a deposição desta unidade pode ser considerada um facies **piedmont**, relacionada à movimentação de blocos na fase tafrogênica ou, caso esta unidade tenha se estendido por toda a bacia, pode ter havido um evento glacial, que foi parcialmente erodido antes da formação dos terraços coluviais de idade terciária-quaternária (zonas homólogas IIC e IIE do **Apêndice D**).

Pode-se também correlacionar os sedimentos paleozóicos desta bacia aos sedimentos das formações

Bananeiras e Serraria, da bacia de Sergipe-Alagoas, e da formação Itararé, da bacia do Paraná.

5.1.2 - Graben do Colorado

No **graben do Colorado** (Siqueira, 1988), afloram predominantemente sedimentos mais arenosos. Esta diferença composicional apresentada pelos dois grabens, pois o graben de Pimenta Bueno mostra a predominância de folhelhos, pode indicar um nível de base erosivo diferente entre estes grabens.

Na porção sudeste da área de pesquisa, nota-se a presença do Arenito da Fazenda da Casa Branca, representante do último ciclo de sedimentação paleozóica, e também a presença de um derrame de rochas básicas do basalto Anari sobre a porção centro-leste do **graben do Colorado.**

Os depósitos do Arenito da Fazenda da Casa Branca transcendem os limites dos grabens de Pimenta Bueno e Colorado. Os arenitos desta formação encontram-se frequentemente sotopostos pelos sedimentos das formações Botucatu e Parecis.

As rochas da formação Botucatu mostram-se intensamente dissecadas. São frequentes os vales em "V" fechados. A formação em questão ocorre geralmente no leito das drenagens e bordejando os sedimentos da formação Parecis. Os limites da formação Botucatu com o Arenito da Fazenda da Casa Branca é frequentemente interpretado como sendo do tipo progressivo, por não ser possível a observação das quebras negativas de relevo entre estas unidades, visto

que as duas possuem características fotográficas semelhantes nesta escala de trabalho (ver **Apêndice E**).

Foram identificados também, sedimentos aluvionares do quaternário nas margens do rio Comemoração, formados a partir da variação da inclinação do leito da drenagem (Fig. 5.13, ver Seção 5.2.9).

5.2 - Estratigrafia

Buscou-se principalmente a caracterização das unidades geológicas definidas em trabalhos anteriores e também, a melhor definição dos limites da bacia paleozóica (**Apêndice G**).

O uso de imagens fotográficas orbitais e o processamento digital nos possibilitou a delimitação com maior precisão das áreas de ocorrênica dos sedimentos proterozóicos das formações Mutum-paraná e Palmeiral e dos sedimentos paleozóicos da bacia de Pimenta Bueno.

Foram identificadas no mapa geológico da área do trabalho um total de nove unidades geológicas e também dois tipos coberturas coluvio-aluvionares: Precambriano indiferenciado, formação Mutum-paraná, formação Palmeiral, unidade Permocarbonífero I, unidade Permocarbonífero II, Arenito da Fazenda Casa Branca, formação Botucatu, basalto Anari, formação Parecis e as coberturas terciárias e quaternárias. A Tabela 5.1 é a coluna estratigráfica esquemática da bacia de Pimenta Bueno.

TABELA 5.1

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO.

UNIDADE	LITOLOGIAS	IDADE
Quaternário aluvionar	aluviões, colúvios, colúvio-aluviões	Quaternário
Terciário-quaternário	terraços coluviais	Terciário
Formação Parecis	arenitos fluviais	Cretáceo
Basalto Anari	basaltos e diabásios	
Formação Botucatu	arenitos eólicos	Jurássico
Arenito da Fazenda da Casa Branca	arenitos fluviais	Permiano Carbonífero
Un Permocarbonífero II	diamictitos, calcários	
Un Permocarbonífero I	folhelhos e arenitos	
Formação Palmeiral	arcóseos conglomeráticos	Proterozóico médio
Fm Mutum-paraná	quartzitos e filitos	
Precambriano indiferenciado	granitos, gnaisses, anfibolitos, e efusivas do embasamento.	Proterozóico inferior

FONTE: Adaptado de Pinto Filho et alii (1977).

5.2.1 - Precambriano Indiferenciado - P€i

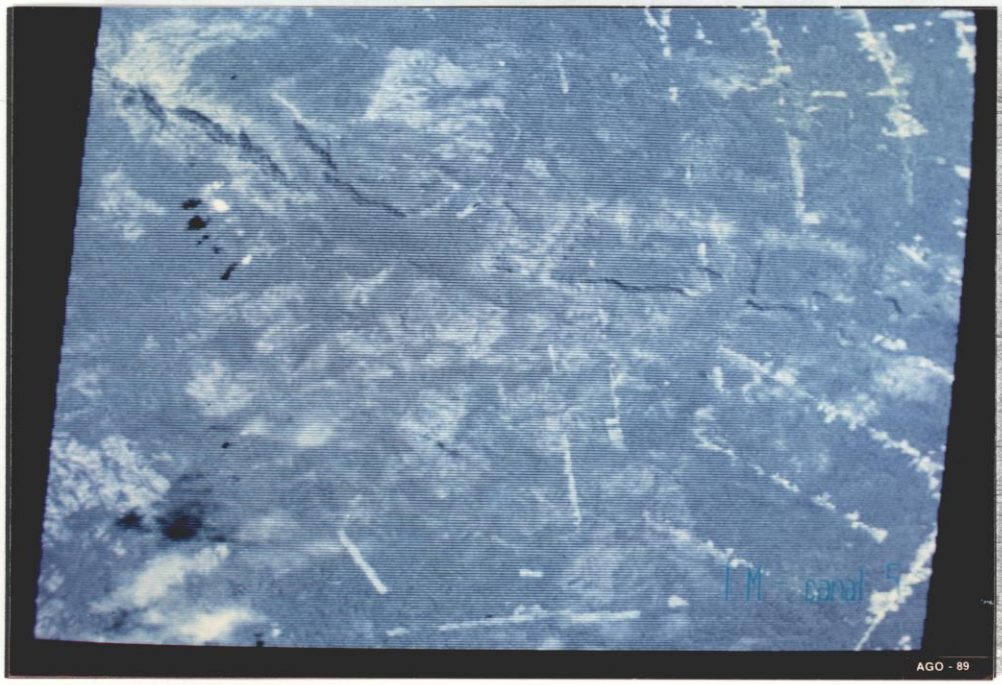
No mapa de Fotoanálise (**Apêndice D**), é esboçado a individualização de padrões distintos nos domínios do embasamento.

Os limites do embasamento granito-gnáissico com a bacia paleozóica foram alterados em diversos locaisem relação aos mapas de trabalhos anteriores. Estas mudanças foram feitas principalmente a partir dos atributos espaciais e multiespectrais observados nas imagens pancromáticas, e em composições coloridas falsa cor e também a partir das observações de campo.

5.2.2 - Formação Mutum-paraná - P€mp

Os sedimentos da formação Mutum-paraná são observados em dois segmentos na porção nordeste da área, dispostos ao longo de sinclinais amplos com eixos de direção aproximada WSW-ENE, de duplo caimento.

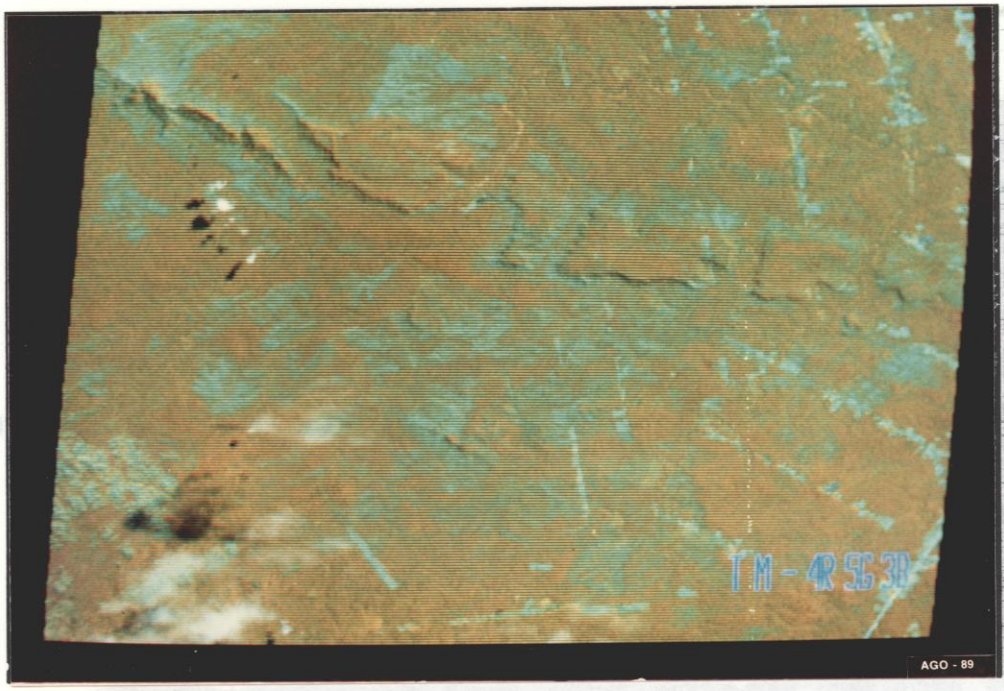
Os morros testemunhos localizados a oeste da cidade de Alvorada do Oeste possuem a mesma orientação de fortes lineamentos magnéticos (**Apêndice G**), representando uma descontinuidade do embasamento naquela região. A estruturação destas elevações nos sugere que estes morros testemunhos sejam pertencentes à formação Mutum-paraná. Esta observação indica um embasamento cristalino a pouca profundidade nesta parte do graben de Pimenta Bueno. Além destes morros testemunhos possuírem as mesmas propriedades texturais das rochas da formação Mutum-paraná, possuem características distintas dos sedimentos da unidade PCII e da cobertura coluvial que envolvem tais elevações.



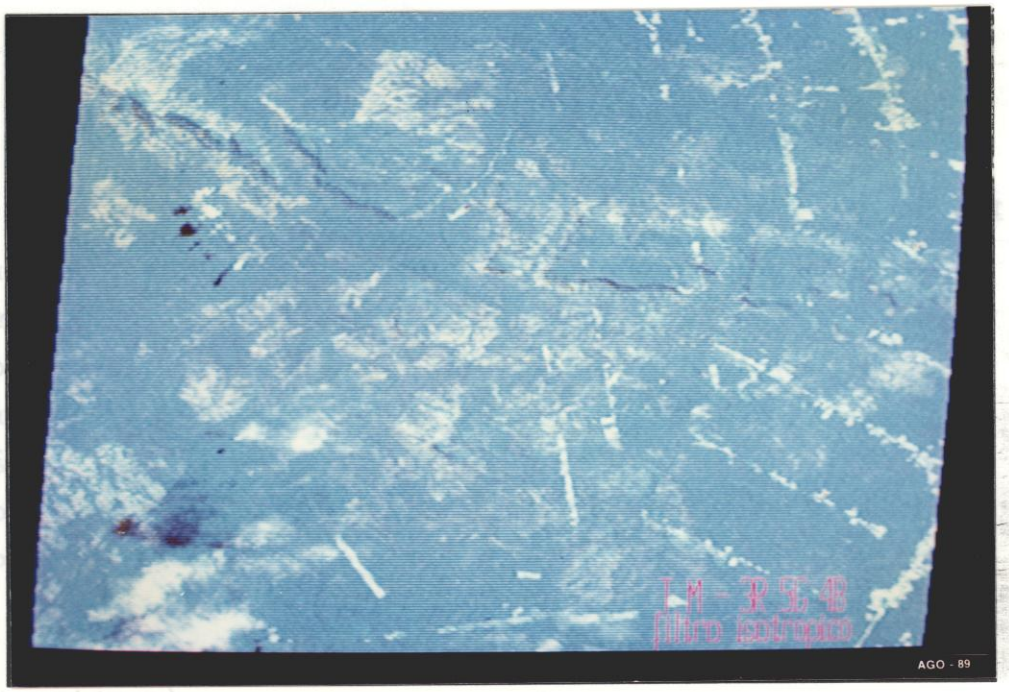
(a)

Fig. 5.1 - Morros testemunhos da formação Mutum-paraná. Resultado de processamento digital em imagens LANDSAT/TM sobre as rochas da porção extremo noroeste do graben de Pimenta Bueno, evidenciando os morros testemunho da formação Mutum-paraná alinhados na direção aproximada ESE-WNW, na porção centro-norte da foto. (a) Banda 5 com ampliação de contraste; (b) composição colorida falsa cor; (c) e filtragem isotrópica (ver Seção 2.2.5.1).

(continua).



(b)



(c)

Fig. 5.1 - Conclusão.

As rochas da formação Mutum-paraná mostram-se dispostas sobre o embasamento em discordância litológica, sendo observadas também em contato com as rochas da formação Palmeiral, na porção extremo noroeste da área, onde ocorrem em duas estreitas faixas de direção geral SW-NE, bordejando os sedimentos da formação Palmeiral.

Foram identificadas quatro zonas homólogas nos domínios desta formação (ver Seção 2.2.1).

5.2.3 - Formação Palmeiral - Pep

As rochas desta formação mostram-se dispostas em duas faixas alongadas com eixo na direção NE-SW. Este eixo é separado por um alto do embasamento. Os sedimentos da formação Mutum-paraná mostram-se geralmente em contato com as rochas da formação Palmeiral.

Estes sedimentos proterozóicos mostram dobramentos suaves com eixos de mergulho também suaves. São intensamente fraturadas, mostrando contatos por falhas com as rochas do embasamento.

5.2.4 - Unidade Permocarbonífero I - PCI

A unidade está presente em grande parte da área dos grabens de Pimenta Bueno e Colorado (**Apêndice E**). No graben de Pimenta Bueno esta unidade possui uma composição mais argilosa, enquanto que no graben do Colorado predominam os sedimentos mais arenosos, conforme pode ser interpretado a partir das características das zonas homólogas identificadas

no mapa de Fotoanálise (**Apêndice D**). Esta unidade foi subdividida em diversas zonas homólogas.

No **graben de Pimenta Bueno**, estes sedimentos areno-argilosos formam um relevo colinado com vales amplos e encostas convexas suaves (Fig. 5.2).

Em geral tem-se um folhelho marrom avermelhado com níveis arenosos que variam de espessura, podendo ser considerados como lentes. A vegetação é em geral pouco espessa, devido à baixa capacidade de retenção da água por esta rocha (baixa permeabilidade). Os arenitos mostram-se compactos, com estruturas sedimentares mal desenvolvidas em pacotes de espessura variável (Figs. 5.2 e 5.3, 5.4 e 5.5).

No **graben do Colorado**, as rochas da unidade PCI mostram-se laminadas, com níveis arenosos sustentando as elevações (Fig. 5.6). O relevo é formado por morros bem dissecados com vales fechados nas porções arenosas, variando para colinas suaves nas porções mais arrasadas. Foram identificadas as zonas homólogas VIIA,B,C, e D nos domínios desta unidade (**Apêndice D**). A foto da Fig. 5.11a é o resultado do processamento digital que buscou o realce por aumento de contraste em composição colorida falsa cor (TM-4R 3G 5B). Nota-se a identificação de uma nova camada nos domínios destes sedimentos a partir deste produto e também a identificação de outros níveis das rochas da cobertura.

Fig. 5.2 - Unidade PCI nos domínios do graben de Pimenta Bueno.
Vista panorâmica sobre a unidade PCI no graben de Pimenta Bueno. Arcóseo vermelho arroxeado em blocos espessos e grosseiramente estratificados dispostos sobre folhelhos de coloração marrom avermelhada (ponto 52 do **Apêndice A**).

A calha tectônica na porção norte do graben de Pimenta Bueno, preenchida por sedimentos paleozóicos também foi observada nos produtos de sensoriamento remoto. Apesar do alto grau de dissecação presente no interior da estrutura, nota-se propriedades texturais semelhantes às observadas nos domínios da unidade PCI.

Fig. 5.3 - Arenito arcoseano da unidade PCI.
Estrutura sedimentar de retrabalhamento por ondas, catenária (ponto 22 do **Apêndice A**).

Fig. 5.4 - Arenito arcoseano da unidade PCI.
Note as estratificações plano-paralelas mal definidas e estrutura de deslocamento na base do pacote (ponto 52 do **Apêndice A**).

Fig. 5.5 - Folhelhos e arcóseos da unidade PCI. Intercalações de arenito arcoseano vermelho arroxeado e níveis de siltito esverdeado. Estrutura de fluxo de material no nível arenoso (ponto 73 do **Apêndice A**).

5.2.5 - Unidade Permocarbonífero II - PCII

Esta formação é composta predominantemente por diamictitos de coloração marrom avermelhada em pacotes espessos (Fig. 5.7). São observados principalmente nas bordas do graben de Pimenta Bueno. Localmente se tem ocorrências de depósitos de calcários laminados de coloração rosada na região do projeto Presidente Hermes (Fig. 5.8) e também a sul da cidade de Pimenta Bueno, na estrada da Produção (ponto 21 do **Apêndice A**).

Fig. 5.6 - Sedimentos da unidade PCI no graben do Colorado. Níveis de arenito feldspático de cor vermelha com lâminas de siltito esverdeado intercalados nos folhelhos vermelhos da unidade PCI (Graben do Colorado). Marcas de onda truncantes de pequeno porte nos níveis arenosos (ponto 65 do **Apêndice A**).

Fig. 5.7 - Diamictito da unidade PCII.
Carapaça carbonática envolvendo os seixos dispersos na matriz de coloração marrom avervelhada e também em lâminas, provavelmente na direção de fluxo original do material argiloso (ponto 80 do **Apêndice A**).

Os sedimentos da unidade PCII possuem uma textura fotográfica rugosa, com vegetação pouco espessa. A baixa densidade de drenagem e de feições rúpteis são outras características distintivas dos sedimentos desta unidade em relação aos sedimentos da unidade PCI.

Fig. 5.8 - Calcário laminado da unidade PCII.
Mina do calcário Fleury (ponto 19 - **Apêndice A**).

Na porção extremo noroeste, Pinto Filho et alii (1977), menciona a predominância dos diamictitos nos domínios do graben de Pimenta Bueno. Neste trabalho, optou-se pela individualização de uma cobertura coluvial que também é observada recobrindo estas rochas. Esta unidade é observada basicamente nas porções topograficamente mais baixas e próximo às bordas deste graben.

O tipo de contato desta unidade com a unidade PCI (ver Cap. 4), é gradacional e a predominância desta litologia formando morros tipo meias laranjas com vales fechados na borda leste do graben de Pimenta Bueno, indica a preservação desta litologia pelas coberturas mesozóicas, e sugere que esta unidade tenha tido uma distribuição geográfica além dos seus limites atuais, podendo ser a

unidade responsável pelo afogamento deste graben (ver Seção 3.1).

Tem-se também ocorrências destas litologias preenchendo outras estruturas tectônicas (ver Cap. 4 e **Apêndice E**).

5.2.6 - Arenito da Fazenda da Casa Branca - PCcb

As rochas desta formação não puderam ser bem definidas nos trabalhos de campo até aqui executados. Nos trabalhos de campo executados nesta pesquisa, constatou-se a presença de rochas da formação Botucatu, de idade cretácica, sob as rochas anteriormente mapeadas como Arenito da Fazenda da Casa Branca.

Baseado nos dados das quebras de relevo e nas características morfológicas destas unidades não se teve problemas para se fazer a identificação das rochas do Arenito da Fazenda da Casa Branca, a não ser pela ligeira semelhança com as rochas da formação Botucatu, daí se ter localmente um contato inferido entre estas unidades.

Apesar da pequena escala de trabalho, as imagens de satélite foram muito úteis na identificação do Arenito da Fazenda da Casa Branca, possibilitando uma melhor definição deste, principalmente pela visão integrada da área, que facilita a identificação da continuidade das camadas sedimentares.

5.2.7 - Formação Botucatu - Kb

São arenitos eólicos de granulometria fina a média (ver Cap. 4). Ocorrem geralmente nos bordos inferiores da formação Parecis e também nos leitos de drenagens, abaixo

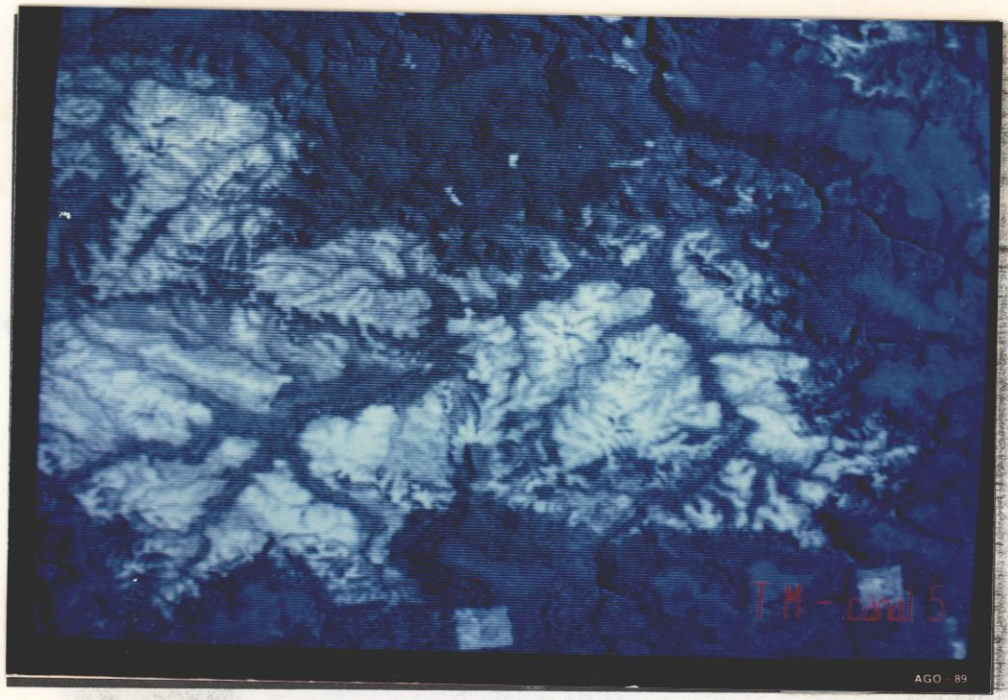
da unidade Kpii (**Apêndice E**), gerando sulcos fortemente entalhados ao longo destas.

Fig. 5.9 - Arenitos eólicos da formação Botucatu. Arenito feldspático rosado em pacote com estratificação cruzada de grande porte. Fraturas nas direções N65W/SV, N30E/SV, onde SV=sub-vertical. Note o alto ângulo de mergulho da estratificação cruzada (ponto 88 do **Apêndice A**).

Também ocorre material coluvial (unidade TQcal do **Apêndice E**) sobre os sedimentos da formação Parecis.

Fig. 5.10 - Contato entre os arenitos da formação Parecis e os arenitos eólicos da formação Botucatu. Fraturas N15E/SV na direção da drenagem e EW/SV, onde SV=sub-vertical (3 fraturas por metro) (ponto 90 do **Apêndice A**).

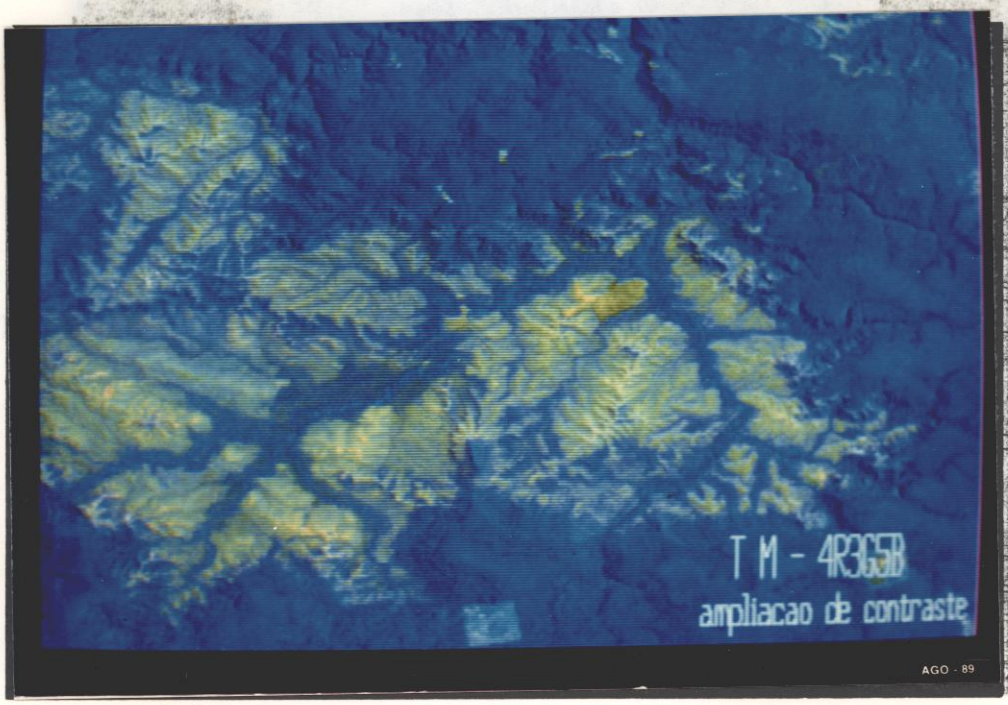
No leito do rio do Ouro, afluente da margem direita do rio Pimenta Bueno, tem-se a passagem dos arenitos da formação Parecis para os arenitos e folhelhos da unidade PCI, definida através de fotointerpretação por contato inferido devido às características fotolitológicas semelhantes destas unidades e devido ao alto grau de uso do solo nesta área (**Apêndice E**).



(a)

Fig. 5.11- Imagens do contato entre a unidade PCI e o basalto Anari.
(a) Canal 5 do TM; (b) composições coloridas falsa cor dos sensores TM, canais 3,4,5 após ampliação de contraste, mostrando o basalto, de cor azul, sobre os folhelhos e arcóseos da unidade PCI, em amarelo; (c) canais 3,2,1 do SPOT.

(continua)



(b)

(c)

Fig. 5.11 - Conclusão.

5.2.8 - Basalto Anari - Ka

Este derrame de rochas basálticas ocorrem na porção sudeste da área de pesquisa recobrindo parte dos sedimentos da unidade PCI, do Arenito da Fazenda da Casa Branca e também sobre os arenitos da formação Botucatu.

No mapa de Fotoanálise foram definidas duas unidades distintas (zonas homólogas IIIA e IIIB do **Apêndice D**), que também podem ser observadas na Fig. 5.11. Observa-se a unidade PCI nos vales, onde predomina vegetação de baixo porte em contraste com a cobertura do basalto Anari, de vegetação mais robusta. Pode-se identificar nitidamente as quebra de relevo definindo limites entre diversos níveis tanto nos domínios do basalto quanto nos domínios da unidade PCI.

Pelas características fotolitológicas do basalto Anari, pode-se sugerir que o nível superior do basalto (zona homóloga IIIA), seja o resultado do retrabalhamento do próprio material **in situ**, ou que esta camada seja apenas um nível do derrame basáltico. Não se tem registros desta subdivisão na bibliografia.

5.2.9 - Formação Parecis - KpI, KpII

São arenitos finos a médios com níveis conglomeráticos (Figs. 5.10 e 5.12), observados em grande parte do quadrante sudeste da área desta pesquisa. Recobrem os sedimentos da formação Botucatu em contato discordante erosional. Grande parte dos sedimentos aqui definidos como pertencentes a esta formação foram anteriormente mapeados sob a denominação de unidade Permocarbonífero III por Pinto Filho et alii (1977) e posteriormente pela denominação de Arenito da Fazenda da Casa Branca por Brasil (1978).

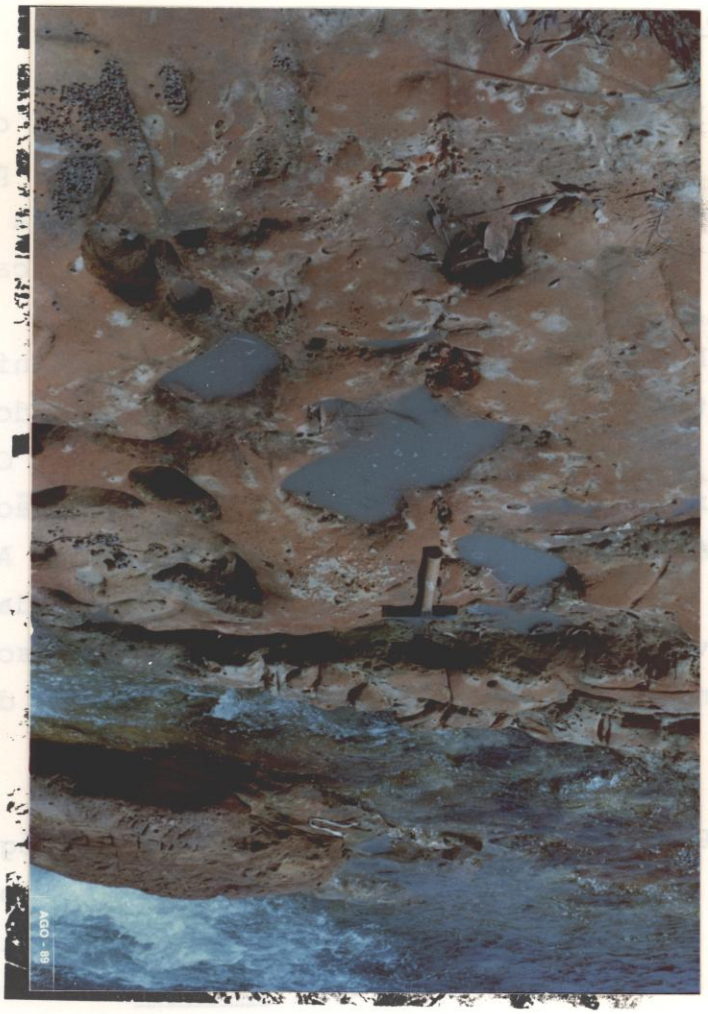


Fig. 5.12 - Arenito da formação Parecis.
Arenito fino a médio bem selecionado, litificado, maciço. Fraturas N10E/sv (ponto 87 do **Apêndice A**).

Nesta pesquisa, obteve-se dados através do uso de sensores remotos e do trabalho de campo que nos levoum a estender a área de ocorrência da formação Parecis para grande parte da área mapeada por Pinto Filho et alii (1977) como unidade PCIII. O dado mais evidente constatou-se com a observação da ocorrência dos arenitos da formação Botucatu sotopostos às rochas mapeadas anteriormente como unidade PCIII (Pinto Filho et alii, 1977). Os dados de campo foram confirmados pela fotointerpretação.

A formação Parecis teve seus limites redefinidos, sendo dividida em um nível arenoso superior (Kpii) e um nível mais argiloso inferior (Kpi). Observou-se também uma cobertura sedimentar coluvial provavelmente de idade terciária, pelas suas características morfológicas sendo provavelmente restos da erosão dos próprios sedimentos da formação Parecis (**Apêndice E** e Fig. 5.13).

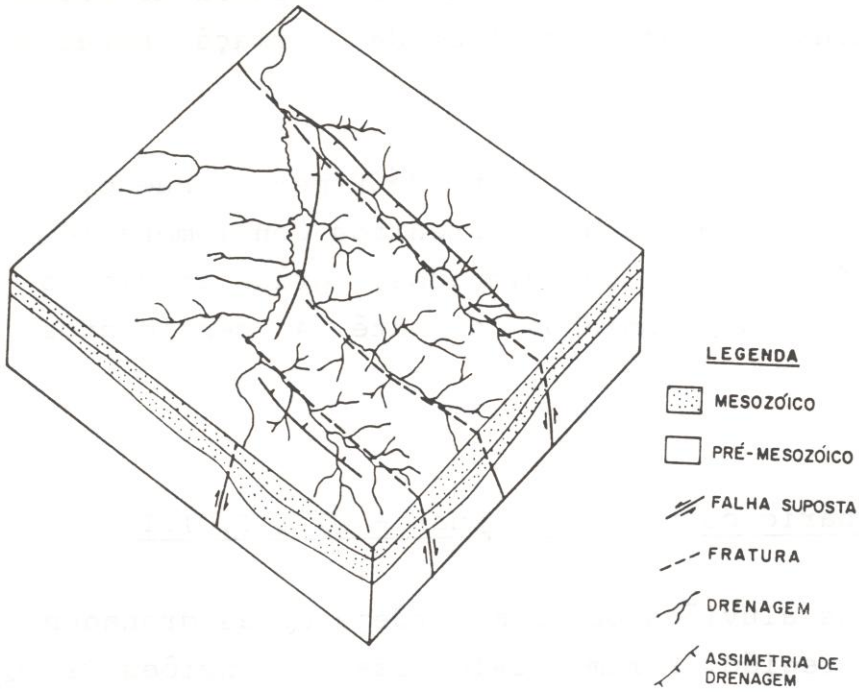
Foram identificados dois níveis da formação Parecis, situados em posições altimétricas distintas. O nível inferior mostra características de um material mais impermeável que o superior, apresentando uma maior densidade de drenagem. O segundo nível, mais elevado topograficamente, é aparentemente mais poroso que o anterior e engloba a unidade TQdl de Pinto Filho et alii (1977), uma unidade pedológica.

(a)

Fig. 5.13 - Detalhe sobre a cobertura da formação Parecis. Curvas de contorno de morfoestruturas e a indicação de uma anomalia estrutural. (a) Composição colorida falsa cor TM-4R 5G 7B após ampliação de contraste; (b) fatiamento do modelo numérico de terreno a partir das curvas de nível; (c) bloco diagrama interpretanado as morfoestruturas da área.

(continua).

(b)



(c)

Fig. 5.13 - Conclusão.

5.2.10 - Terciário-Quaternário coluvial - TQcal

Esta cobertura dispõe-se praticamente sobre todas os sedimentos paleozóicos e mesozóicos acima descritos e também, localmente, sobre o embasamento.

No mapa de Fotoanálise (**Apêndice D**), foi dividida em duas coberturas que parecem ter origem semelhante, sendo portanto referidas ao mesmo ciclo erosional.

As características morfológicas desta cobertura sugerem uma idade Terciária-Quaternária.

Foram definidos dois tipos de terraços coluviais na área do projeto: o primeiro predomina sobre os sedimentos da unidade PCI e o segundo predomina sobre os sedimentos da formação Parecis (zonas homólogas IIE e IIC do **Apêndice D**). Supõe-se tratar de retrabalhamento dos sedimentos do Arenito da Fazenda da Casa Branca no primeiro caso e retrabalhamento dos arenitos da formação Parecis e Botucatu, no segundo caso.

Na região do graben de Pimenta Bueno, esta cobertura coluvial é composta por arenitos conglomeráticos de coloração esverdeada, mau selecionados, grãos angulosos de quartzo e seixos de tamanhos de até 4 centímentos de diâmetro.

5.2.11 - Quaternário colúvio-aluvionar - QI,QII,QIII

Os aluviões ocorrem bordejando as drenagens de maior porte da região. Foram escalonadas em aluviões QI, QII

e QIII, de acordo com o nível topográfico em que se encontram (**Apêndice E**).

A partir do leito do rio Guaporé, identifica-se três níveis distintos de coberturas: aluviões junto ao leito do rio - (QI); aluviões definidos por um suave terraço - (QII); e por último, aluviões próximos às encostas, em um nível superior - (QIII).

Nas margens do rio Comemoração também foram identificadas coberturas aluvionares provenientes da variação da inclinação da drenagem. Esta variação foi provavelmente causada pelo efeito de barragem a partir da movimentação de blocos ou compactação diferencial dos sedimentos da cobertura cretácica sobre os blocos basculados do embasamento (Fig. 5.13a,b,c).

5.3 - Análise de Fraturas

A partir da metodologia empregada para a análise das feições lineares de terreno (ver Seção 2.3, **Apêndice B**), individualizou-se oito direções principais de trendes de zonas de juntas presentes na região estudada.

Foram identificadas as seguintes direções de zonas de juntas na área deste mapeamento: N20W +/- 5o, N45W +/- 5o, N65W +/- 10o, N85W +/- 10o, N65E +/- 5o, NS +/- 5o, N25E +/- 5o e N40E +/- 5o. A partir da distribuição destas direções de zonas de juntas foram confeccionadas as curvas de isodensidade de fraturas do **Apêndice C**.

A identificação destas zonas de juntas em imagens de satélite e em mosaicos de radar está também relacionada às características fisiográficas do terreno como altitude, nível de dissecação e cobertura vegetal, além das características dos sensores mencionadas na Seção 2.1.2. Os

traços de zonas de de juntas foram melhor identificados nas áreas de relevo mais dissecado e também em locais de vegetação menos espessa, ou sem vegetação.

Em face destas observações, procurou-se analisar o relacionamento entre as curvas de isodensidade de fraturas (**Apêndice C**), os eixos de controle e a distribuição destas sobre as rochas do embasamento, sobre os sedimentos paleozóicos e sobre os sedimentos mesozóicos de forma integrada e em separado.

O graben de Pimenta Bueno mostra-se intensamente arrasado, com uma cobertura coluvial e também com uma espessa cobertura vegetal, que impedem a melhor identificação das feições lineares de drenagem nas unidades aflorantes, dificultando a análise estatística.

A Fig. 5.1 (ver Seção 5.2.2) mostra uma região na porção noroeste do graben de Pimenta Bueno. Foram aplicadas técnicas de processamento digital para realce das estruturas nesta área, tais como filtragem isotrópica (Fig. 2.4, ver Seção 2.5.1) e realce por ampliação de contraste na tentativa de realçar as feições lineares. Obteve-se certo realce das bordas dos morros testemunhos da formação Mutum-paraná. Não se pode identificar outras feições morfológicas principalmente devido à cobertura coluvial e à espessa vegetação (ver Seção 1.4.2).

5.3.1 - Eixos de controle de fraturas

Foram interpretadas as direções de controle de distribuição das zonas de juntas na área desta pesquisa a partir da identificação de eixos sobre as curvas de isodensidade de fraturas (**Apêndice C**). Seis intervalos de direções preferenciais de distribuição de fraturas foram identificadas, que são: N10E-N10W, N40-50E, N60-75E, N85E-

S80E, N50-70W e N30-45W. Estas zonas preferenciais de fraturamento representam direções antigas de fraqueza da crosta na região em estudo (ver Seção 3.2).

A Tabela 5.2 alista os eixos de distribuição de zonas de juntas e suas respectivas frequências para cada trende estrutural.

TABELA 5.2

DIREÇÕES DE CONTROLE DE DISTRIBUIÇÃO DE ZONAS DE JUNTAS

direções de zonas de juntas

eixos de controle	N20W	N45W	N65W	N85W	N65E	NS	N25E	N40E	TOTAL
N10E-N10W	9	10	13	5	11	15	12	14	89
N40-50E	11	11	5	8	9	14	10	13	81
N60-75E	3	1	3	4	5	5	6	7	34
N85E-S80E	16	13	15	12	13	13	14	12	108
N50-70W	6	7	8	10	4	6	7	8	56
N30-45W	10	13	2	7	5	6	7	4	54

T O T A L - 422

As rochas do embasamento granito-gnáissico mostram-se intensamente fraturadas (**Apêndices B, C e E**). A principal direção de controle de fraturas observada foi N85E-S80E, considerada como uma zona de fraqueza antiga da crosta na área estudada e responsável pelo controle da sedimentação paleozóica. Esta direção, N85E-S80E, possui forte controle

sobre a distribuição dos outros sistemas de fraturas (**Apêndice C** e Tabela 5.2).

5.3.2 - Análise das direções de zonas de juntas

Os mapas de isodensidade de fraturas do **Apêndice C**, nos mostram a distribuição relativa das feições lineares de drenagem na área do projeto para as direções caracterizadas como representantes de trendes de fraturas.

A distribuição das zonas de juntas de direções: **N20W +/- 5°**, **N45W +/- 5°**, **N65W +/- 10°**, **N85W +/- 10°**, **N65E +/- 5°**, **NS +/- 5°**, **N25E +/-5°** e **N40E +/- 5°**, sobre a área de mapeamento é discutida a seguir, assim como as direções de controle dos eixos de distribuição observados no **Apêndice C** e relacionados na Tabela 5.2.

O tamanho do intervalo angular de variação em cada direção de trende está em função da observação de continuidade de cada direção, e também do erro médio devido à extração da feição linear em um overlay. Como exemplo, pode-se citar a direção de zona de juntas N85W +/- 10°, que foi atribuída um maior intervalo de variação devido à forte inflexão das feições lineares interpretadas como pertencentes a este trende de fraturas.

- **N20W +/- 5°** - Esta direção de zonas de juntas mostra-se controlada pelas direções N30-45W, N40-50E e N85E-S80E principalmente nos domínios do graben do Colorado. Nos sedimentos mesozóicos, tem-se as direções de controle N10E-N10W, N85E-S80E e N40-50E. No embasamento, esta direção é fortemente controlada pelas direções N85E-S80E e N50-70W, e também controlada pelas direções N10E-N10W e N40-50E.

- **N45W +/- 5°** - É frequentemente controlada pelas direções N30-45W E N85E-S80E nos domínios dos sedimen-

tos paleozóicos e no embasamento. Sobre a cobertura mesozóica, não se tem um controle bem definido, no entanto pode-se indicar as direções preferencias N30-45W e a direção N10E-N10W como presentes e possíveis responsáveis pelas distribuições de fraturas nas unidades litoestratigráficas desta Era.

- **N65W +/- 10°** - Esta direção mostra-se controlada por ela mesma e pelas direções N85E-S80E e N10E-N10W nos domínios dos sedimentos paleozóicos e também no embasamento. Sobre os sedimentos cenozóicos, se tem um controle maior pela direção N10E-N10W.

- **N85W +/- 10°** - Tem-se um controle dessa direção por ela mesma e pelas direções N40-50E e N50-70W nos domínios dos sedimentos paleozóicos. No embasamento aparece um forte controle na direção N10E-N10W e na cobertura mesozóica se tem o domínio das direções N40-50E e N85E-S80E. A Fig. 5.14 mostra sistemas de zona de juntas de direções N80W/SV e N40E/80SW, presentes nos sedimentos da unidade PCI do graben de Pimenta Bueno.

- **N65E +/- 5°** - Nos domínios dos sedimentos paleozóicos do graben do Colorado, esta direção mostra-se controlada por ela mesma e pela direção N30-45W. No restante da área, se tem um forte controle pelas direções N10E-N10W e também N85E-S80E. No embasamento também aparece frequentemente o controle da direção N40-50E.

Fig. 5.14 - Sistema de fraturas ortogonais em sedimentos da unidade PCI.
O nível de folhelho entre os pacotes de arenitos arcoseanos mostra-se quebradiço, mascarando a direção das fraturas. As direções destas juntas são: N40E/80SW (direção do martelo) e N80W/SV. Note a passagem gradativa dos sedimentos arenosos para o folhelho e o contato brusco deste com o nível arenoso superior (ponto 75 do **Apêndice A**).

- **NS +/- 5º** - Esta direção é fortemente controlada por ela mesma no graben do Colorado e também pela direção N40-50E. É pouco frequente no graben de Pimenta Bueno e na cobertura mesozóica. Mostra-se fortemente controlada pelas direções N10E-N10W, N85E-S80E e N40-50E e também pela direção N50-70W. No embasamento predomina o controle N10E-N10W, N40-50E e N85E-S80E nessa ordem de frequência.

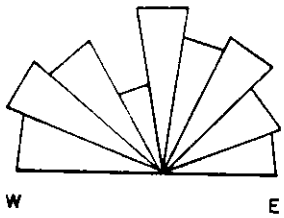
- **N25E +/- 5°** - Sobre os sedimentos paleozóicos do graben de Pimenta Bueno, esta direção é controlada pelas direções N40-50E, N10E-N10W e N40-50W. No graben do Colorado também se tem um controle N85E/S80E. Nos sedimentos mesozóicos se tem o predomínio das direções N40-50E e N85E-S80E. No embasamento predomina o controle N85E-N85W.

- **N40E +/- 5°** - Esta direção é controlada pelas direções N85E-S80E e N50-70W nos dois grabens paleozóicos e também pelas direções N30-40E no graben do Colorado. As zonas de juntas sobre a cobertura mesozóica são em geral controladas pela direção N40-50E e também, em menor grau, pelas direções N85E-S80E e N10E-N10W. No embasamento predomina o controle do sistema N85E-S80E e N10E-N10W.

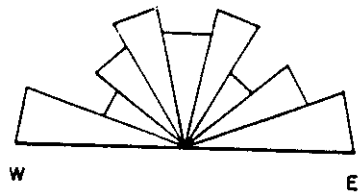
5.3.3 - Integração dos dados de fraturas

A integração dos dados dos eixos de distribuição de fraturas apresentadas na Tabela 5.2, dos dados das Figs. 5.15 e 5.16 e dos dados de lineamentos magnéticos e alinhamentos de relevo e drenagem (**Apêndice G**), pode nos dar uma idéia do arcabouço tectônico da área.

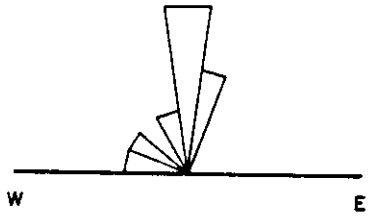
O histograma da Fig. 5.16 mostra a maior frequência de fraturas nas faixas N20-50W e N20-50E. Isto pode ser devido ao realce das feições lineares de relevo e drenagem pertencentes a estas faixas de direções pelo sensor SLAR, causando a maior quantidade de informações nestas faixas (ver Seção 2.1.2). Não obstante, a direção de zonas de juntas N45W +/-5° mostra-se bastante representativa em sua distribuição regional (ver Seção 4.1).



(a)
(88 medidas)



(b)
(32 medidas)



(c)
(8 medidas)

Fig. 5.15 - Diagrama de fraturas a partir dos dados de campo (**Apêndice F**).
Permocarbonífero (a), Embasamento Precambriano (b) e Mesozóico (c).

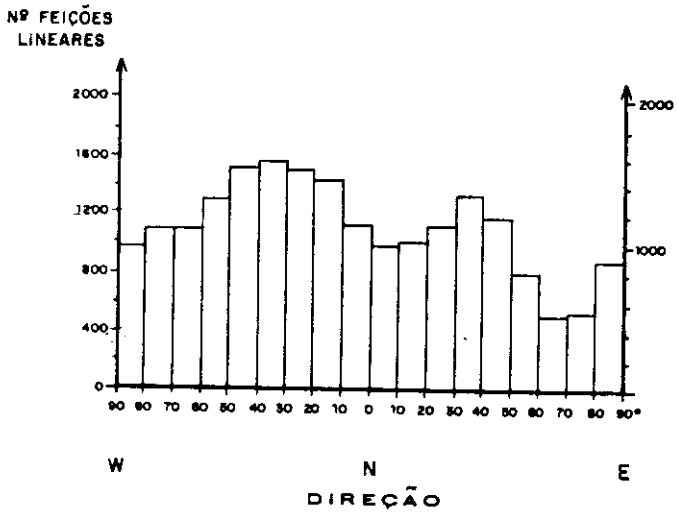


Fig. 5.16 - Histograma do número de feições lineares por azimute a partir dos dados do **Apêndice B** digitalizados.
Número de medidas: 19887.

A direção de zonas de juntas N85E-S80E (azimute 85-100), é predominante na região em estudo principalmente no controle da distribuição dos trendes de zonas de juntas mencionados na Tabela 5.2. Esta direção de controle corresponde às fraturas de extensão observadas em uma zona de falhas normais da Fig. 3.1. O rio Ricardo Franco, o Riozinho e o rio Comemoração mostram-se fortemente controlados por esta direção (**Apêndice E**).

A direção N10E-N10W também mostra um forte controle sobre as demais direções de zonas de juntas mencionadas. Isto pode ser confirmado pela análise dos mapas de lineamentos magnéticos e de alinhamentos de relevo e drenagem (**Apêndice G**). Esta direção não atua significativamente no controle das zonas de juntas nos domínios dos sedimentos paleozóicos, principalmente no graben de Pimenta Bueno, sendo melhor observada no embasamento. Tem-se também duas calhas tectônicas com esta direção,

preenchidas por sedimentos da formação Mutum-paraná e por sedimentos da unidade Permocarbonífero II, localizadas na parte norte da área desta pesquisa. O rio Ribeirão, o rio Roosevelt e o rio Jiparaná em seu alto curso, mostram-se controlados por esta direção.

A direção N40-50E aparece controlando fortemente as direções de zonas de juntas N20W +/-5o, N45W +/-5o e NS +/-5o, além dela mesma (Tabela 5.2). Esta direção condiciona grande parte das drenagens da região tanto no embasamento como sobre os sedimentos paleozóicos, como é o caso dos rios Urupá, Branco Araras e outros. Sobre os sedimentos mesozóicos, ela não é muito evidente.

A direção N50-70W é bem individualizada no interior do gráben de Pimenta Bueno. Ela é responsável pelo controle de diversas drenagens também na área do embasamento, como por exemplo, os rios Rolim de Moura e Comemoração em seu baixo curso e também o rio Jiparaná em seu alto curso. Outra feição distinta nesta direção são os morros testemunho observados a oeste da cidade Alvorada do Norte (Fig. 5.1a,b,c,d). Os fortes lineamentos magnéticos nos sugerem a presença de fraturas em subsuperfície, possivelmente rasas.

A direção N30-45W controla fortemente as direções N20W +/-5o e N45W +/-5o. Esta direção mostra-se presente nos domínios do graben de Pimenta Bueno, condicionando trechos de drenagens do rio Ricardo Franco, por exemplo. O controle de zonas de juntas nesta direção é bastante frequente nos domínios do embasamento.

A direção N60-75E é a menos frequente em termos de controle das direções de zonas de juntas e também em termos de registros na área estudada (Figs. 5.15a e 5.16), porém foi bastante observada no embasamento (Fig. 5.15b e **Apêndice C**).

(a)

Fig. 5.17 - Sedimentos dobrados da unidade PCI.
(a) Folhelho marrom escuro com intercalações de arenito arcoseano também vermelho escuro e lâminas de siltito esverdeado; (b) pacote dobrado com atitude N35W/30SW. Fraturas N75W/SV. Zona de movimentação tectônica pós deposicional indicando a reativação de falhas na época de deposição destes sedimentos (ponto 42 do **Apêndice A**).

(continua).

(b)

Fig. 5.7 - Conclusão.

As fraturas observadas em campo e seus traços em produtos de sensores remotos, mostram um carater cumulativo e são poligenéticas na área do embasamento. O sistema EW-N65W (Fig. 5.19), pode ser relacionado às fraturas distensionais na fase de formação da bacia paleozóica. Além das fraturas de origem distensional (juntas) e compressionais (juntas e falhas), existem também fraturas não discriminadas que se propagam a partir de fraturas pré-existentes (juntas ou falhas). Estas últimas são em geral, restritas a uma determinada litologia ou unidade litológica.

Fig. 5.18 - Conjunto de zona de juntas ortogonais na unidade PCI no gráben do Colorado.
Arenito arcoseano de coloração vermelho escuro mostrando sistema de juntas ortogonais. A drenagem segue o gradiente regional segundo o sistema de juntas secundário, mudando sua direção quando se encontra com o sistema principal. Os sistemas possuem direções N05W/SV (direção da bússola), e N85E/SV (ponto 67 do **Apêndice A**).

O intemperismo diferencial e/ou estágio de dissecação pode influir na proporção de feições lineares realçadas em uma imagem fotográfica por determinada unidade geológica (ver Seção 3.3). Este fato é observado ao se comparar os diferentes estágios de dissecação apresentados pelas rochas da formação Parecis e das unidades PCI e PCII, no graben de Pimenta Bueno.

Fig. 5.19 - Fraturas nos arcóseos da unidade PCI do graben de Pimenta Bueno.
Arenito arcoseano conglomerático de coloração cinza amarronado e granulometria média. Seixos de mica e argilito. A maior frequência de fraturas ocorre na direção N65W/SV (bússola). As fraturas transversais têm direção N28E/SV (ponto 36 do **Apêndice A**).

A frequência de fraturamento é comumente controlada pela litologia e espessura de unidades sedimentares acamadadas e pela posição tectônica das últimas (Fig. 5.14). No entanto, as fraturas não claramente relacionados a trendes de fraturas pré-existentes, podem favorecer a ocorrência em superfície de frequência de certas direções de fraturas.

A hierarquia de controle da distribuição de zona de juntas é sugerida a partir do resultado da Tabela 5.3, onde se tem a seguinte ordem: N85E-S80E, N10E-N10W e N40-50E.

TABELA 5.3

CONTROLE DE DISTRIBUIÇÃO DE ZONAS DE JUNTAS

	TRENDES DE ZONAS DE JUNTAS							
EIXOS DE CONTROLE	N20W	N45W	N65W	N85W	N65E	NS	N25E	N40E
N10E-N10W	X	X	X		X	X	X	X
N40-50E	X	X			X	X	X	X
N60-75E								
N85E-S80E	X	X	X	X	X	X	X	X
N50-70W				X				X
N30-45W	X	X						

O uso de produtos de sensores remotos para o estudo das fraturas sobre as rochas da formação Parecis mostra-se satisfatório, pois a cobertura vegetal predominante facilita a interpretação ddas zonas de juntas. A identificação da direção dos sistemas de fraturas nos sedimentos paleozóicos em produtos de sensores remotos é prejudicada pelo baixo índice de dissecação observado no gráben de Pimenta Bueno.

5.3.4 - Anomalias morfoestruturais

As curvas de contorno de morfoestruturas buscaram a identificação de anomalias estruturais do embasamento da bacia paleozóica e mesozóica (**Apêndice G**). Foram identificadas diversas anomalias estruturais (ver Seção 2.2.2 e Fig. 5.13).

Em geral, as camadas sedimentares do graben de Pimenta Bueno mostram um caimento suave para norte.

As curvas de contorno de morfoestruturas indicam um leve caimento para norte e a existência de um baixo estrutural na região próxima ao encontro da falha de Presidente Hermes com o rio Jiparaná, na região central do graben de Pimenta Bueno.

As feições de maior importância observadas na análise morfoestrutural são: formação de barragens associada à mudança de direção da drenagem, variação do regime de fluxo da drenagem e anisotropia da rede de drenagem.

O bloco diagrama da Fig. 5.13c é um exemplo prático que mostra as feições citadas no parágrafo anterior. A formação do depósito aluvionar foi causada provavelmente por um basculamento pós-deposicional ou por uma erosão diferencial dos sedimentos da cobertura sobre falhas do embasamento, gerando a variação da inclinação do leito do rio, a barragem deste, e o acúmulo de sedimentos.

5.4 - Evolução tectônica

A partir dos resultados obtidos na análise de fraturas, da sequência litoestratigráfica, dos dados de pesquisas anteriores e do estudo de sistemas semelhantes, sugere-se a seguinte sequência de eventos atuantes na região onde se instalou a bacia de Pimenta Bueno:

1 - Estiramento crustal sobre as rochas do embasamento polimetamorfizado, com a reativação das direções de fraqueza N40-50E, N85E-S80E e N10E-N10W, no período Proterozóico Médio (Fig. 5.21a,b).

Depositaram-se os sedimentos das formações Mutum-paraná e Palmeiral. Formou-se o graben do Pacaás Novos, de direção N40-50E, e possivelmente também os grabens de Pimenta Bueno e Colorado, de direção E-W. São também relacionados a esta fase as estruturas de direção geral N-S na porção norte da área. As direções das estruturas observadas nos produtos de sensores remotos confirmam a interpretação das direções das zonas de fraqueza mais antigas da crosta nesta área, como pode ser visto na Tabela 5.3 e nas Figs. 5.20 e 5.21a,b.

Esta fase pode ser associada à fase inicial de rifteamento conforme sugere Le Fournier (1985) para os sistemas de riftes sul-africanos.

2 - Fase de compressão de direção aproximada NNW-SSE no proterozóico superior gerou dobras abertas de direção geral ENE-WSW, nas formações sedimentares precambrianas citadas no ítem anterior. Formaram-se dobramentos de direção ENE-WSW. Tais dobramentos foram descritos anteriormente por Pinto Filho et alii (1977) e também são facilmente observados nas imagens LANDSAT/TM (Fig. 5.21c).

3 - Fase de distensão na direção aproximada N-S no paleozóico. Tem-se o estiramento crustal a reativação das linhas antigas de fraqueza da região nas direções N85E-S80E e N10E-N10W, que são também as principais direções de controle de distribuição de zonas de juntas nesta área (ver Tabela 5.3 da Seção 5.3.3 e Fig. 3.1 da Seção 3.3).

Tem-se a movimentação de blocos e a formação dos grabens de Pimenta Bueno e Colorado, além da reativação da estrutura tipo graben com direção norte-sul situada na porção centro-norte da área de pesquisa (Fig. 5.21d).

A deposição dos folhelhos e arenitos turbidíticos da unidade PCI e também os dobramentos dos sedimentos de borda, cujas evidências são as dobras de superfície (Fig. 5.17, ver Seção 5.2.4), a formação de brechas deposicionais e escarpas são também os registros desta etapa. Estes registros indicam o basculamento de blocos com a formação de lagos nesta fase e podem ser inferidos no mapa de morfoestruturas do Apêndice G.

Le Fournier (1985), menciona uma fase de redução significativa da largura da zona ativa e aceleração dos movimentos verticais de borda nos sistemas de riftes sul-africanos.

A subsidência acelerada pode ter feito com que os sedimentos não se distanciassem muito da área fonte, com o desenvolvimento de profundas depressões topográficas. A predominância de depósitos de gravidade com a presença de arenitos indica um alto declive através destes lagos, com a deposição de extensivos corpos de areias turbidíticas, como os folhelhos e arcóseos da unidade PCI e os diamictitos de borda da unidade PCII.

A sedimentação carbonática local da unidade PCII deve ter se formado sobre o topo de altos ou sobre pontos próximos à borda da estrutura.

Os sedimentos da unidade PCII podem ser representantes de sistema deltáico do estágio final da sucessão sedimentar, ou como sugere Pinto Filho et alii (1977), pode ter havido um evento glacial gerando estes depósitos.

4 - Por fim, na fase de estabilização ou fechamento da bacia ainda no permocarbonífero, teve-se um aumento na razão de sedimentação resultante da possível captura de um importante sistema de drenagem, sendo responsável pela deposição dos sedimentos fluviais do Arenito da Fazenda da Casa Branca. Este evento marca o início da formação de uma bacia superimposta aos grabens de Pimenta Bueno e Colorado (Fig. 5.213).

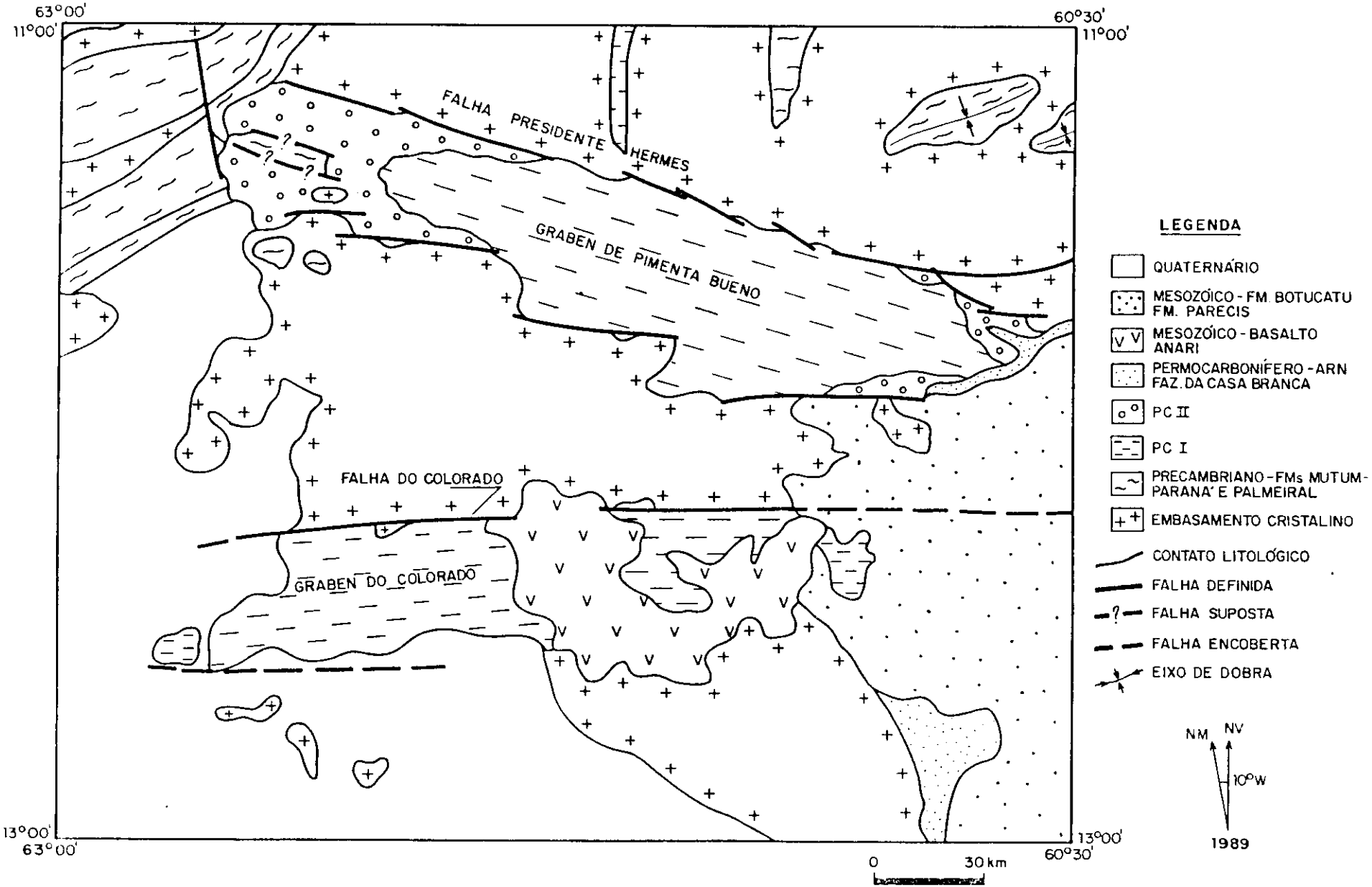


Fig. 5.20 - Mapa geológico simplificado da bacia de Pimenta Bueno - RO.

5 - No Jurássico, os depósitos dos arenitos da formação Botucatu podem representar o retrabalhamento dos sedimentos fluviais do Arenito da Fazenda da Casa Branca.

6 - Os derrames basálticos do cretáceo (basalto Anari) são representantes de um evento que afetou todo o território brasileiro (reativação Wealdeniana), que ocorreu apenas na porção centro-leste do graben do Colorado, nesta bacia.

7 - Posterior ao derrame basáltico e à última fase de fechamento do sistema tafrogênico, teve-se a continuidade da fase de subsidência térmica iniciada com a deposição do Arenito da Fazenda da Casa Branca, com a instalação da espessa cobertura sedimentar da formação Parecis, no período Cretáceo (Fig. 5.21d).

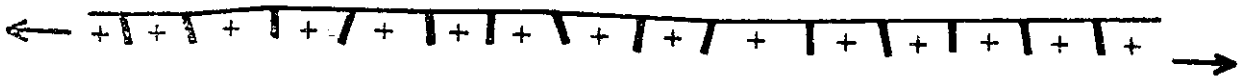
O suave basculamento geral das unidades sedimentares fanerozóicas para norte (Fig. 5.21e,f), pode ser relacionado a esta fase. Este basculamento é indicado pelas linhas de contorno de anisotropia de drenagem do **Apêndice G.**

8 - Uma fase de acomodação posterior é indicada pela compactação diferencial dos sedimentos mesozóicos, que gerou um suave controle das drenagens da cobertura mesozóica e também dos sedimentos paleozóicos, possibilitando a indicação do basculamento de blocos em subsuperfície, conforme se observa no mapa de morfoestruturas do Apêndice G, e nas Figs. 5.13c e 5.21f.

9 - Após a deposição dos sedimentos cretácicos, ocorreu a formação dos depósitos coluvio-aluviais do Terciário-quaternário (Fig. 5.21f).

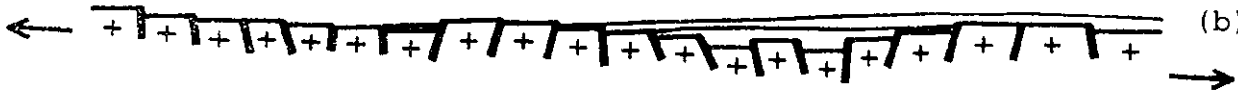
Sul Norte

(a)



Proterozóico inferior - Fraturamento do embasamento segundo as direções antigas de fraqueza da crosta.

(b)



Proterozóico médio - Deposição dos sedimentos das formações Mutum-paraná e Palmeiral (fase distensiva). Formação de calhas tectônicas também segundo as antigas direções de fraqueza.

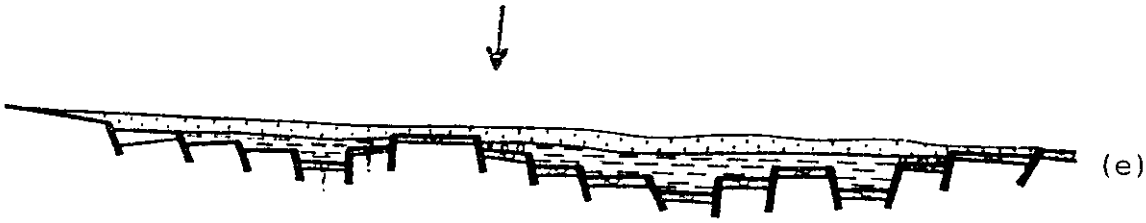
(c)

Proterozóico superior - Dobramento dos sedimentos proterozóicos.

Fig. 5.21- Modelo de evolução tectônica da região da bacia de Pimenta Bueno-RO.

(continua).

Paleozóico - Nova fase distensiva: deposição dos sedimentos das unidades PCI e PCII. Subsidência pós deposicional.



Paleozóico/Mesozóico - Fase de subsidência térmica: afogamento da bacia com a deposição do Arenito da Fazenda da Casa Branca. Derrame basáltico no gráben do Colorado. Depósitos das formações Botucatu e Parecis.

Cenozóico - Perfil esquemático mostrando a situação atual.

Fig. 5.21 - Conclusão.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

O estudo das feições lineares de relevo e drenagem que representam zonas de juntas (Plicka, 1974) em imagens orbitais de pequena escala, com o uso de métodos gráficos e estatísticos, nos fornecem subsídios para a melhor compreensão da evolução tectônica da região estudada. Os resultados obtidos com a análise estatística corroboram com os dados das grandes estruturas e direções de controle de drenagens na região, além dos dados de campo.

A partir dos dados discutidos acima, conclui-se que os intervalos de direções EW-N65W, N40-50E e N10E-N10W representam as mais antigas direções de fraqueza crustal na região estudada. As direções N85E-S80E e N10E-N10W são responsáveis pelo controle da sedimentação paleozóica nesta área, gerando diversas estruturas nestas direções (grabens de Pimenta Bueno e do Colorado por exemplo).

As rochas das unidades PCI e PCII, de idade permocarbonífera, mostram-se frequentemente fraturadas segundo um sistema ortogonal de direção variável nos intervalos N65W-EW e N05-30E.

Existe um forte controle das zonas de juntas sobre a direção das drenagens na região. Estas drenagens frequentemente tendem a seguir o sentido de declive máximo da bacia, se instalando sobre as zonas de ruptura da área e mudando de direção de acordo com a presença de outras zonas de juntas ou qualquer descontinuidade geológica.

Existe um forte controle das drenagens sobre as coberturas meso-cenozóicas, que provavelmente indicam estruturas em subsuperfície (mapa de anomalias

morfoestruturais do **Apêndice G)**. Este controle também é notado sobre as rochas do permocarbonífero nesta área, que neste caso, é bem evidenciado pelas drenagens de maior porte. Esta distinção entre a interpretação deste controle deve-se principalmente ao tipo e porte da cobertura vegetal, ao tipo de rocha e ao posicionamento topográfico da unidade litoestratigráfica.

Os trabalhos de processamento digital podem nos fornecer bons produtos fotográficos, e desta forma, realçar feições de relevo e drenagem facilitando os trabalhos de fotointerpretação.

É importante se ter um conhecimento básico sobre os aspectos morfoestruturais da área que se deseja estudar e também do tipo de estudo que se deseja fazer sobre esta. Estas observações podem ajudar a direcionar a escolha do método de pesquisa a ser utilizado. Por exemplo: o estudo de fraturas sobre rochas de uma área com cobertura sedimentar semelhante à da formação Parecis (vegetação baixa, grande extensão geográfica e topografia elevada) poderá ter suas etapas de pesquisa bastante otimizadas com o uso de produtos de sensores remotos; já para uma região semelhante à do graben de Pimenta Bueno, apesar de ser indispensável o uso de produtos de sensores remotos para o estudo regional, isto não é suficiente para sua caracterização estrutural, tornando-se indispensável o uso de métodos auxiliares (gravimetria, magnetometria, sísmica de reflexão e refração por exemplo).

Os produtos de sensoriamento remoto orbitais mostraram-se boas ferramentas para o estudo de coberturas sedimentares semelhantes à cobertura mesozóica presente na porção sudeste da área estudada. As anomalias estruturais e alinhamentos identificados nos domínios desta cobertura são um excelente teste para o método, pois estes resultados poderão vir a ser testados em um futuro próximo por outros métodos como a gravimetria ou a sísmica de reflexão e/ou refração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIYEV, A. Regional fracturing of the Pamirs and its metalogenic significance. Doklady Academy of Sciences of USSR. 250(1):90-93, Jan.-Feb. 1980.

BABCOCK, E.A. Bedrock jointing on the Alberta Plains. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE NEW BASEMENT TECTONICS, 1., Salt Lake City-UT, June 1974. **Proceedings.** Salt Lake City-UT, Utah Geological Association, 1976. p. 142-152.

BADGLEY, P.C. Structural and tectonic principles. New York-NY. Harper & Row, 1965, 511 p.

BLES, J.L. The fracture of rocks. Great Britain. North Oxford Academic, 1986, 131 p.

BRASIL, Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD.20, Guaporé. Rio de Janeiro, 1979. p. 21-91.

_____ Folha SC.20 - Porto Velho. Rio de Janeiro, 1978. p. 17-185.

BRAUN, O.P.G. Aspectos geomorfológicos que afetam a interpretação de imagens de sensores remotos no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2.,Brasília, maio 1982. **Anais**. Brasília, 1982a, v.1, p. 25-38.

_____ A structural synthesis of Brazil, based on the study of major lineaments derived from remote sensing imagery interpretation. Photogrammetria, 37:77-108, Feb. 1982b.

CREPANI, E. Análise de fraturas através de imagens fotográficas de baixa resolução espacial: uma contribuição ao estudo da evolução tectônica na região da Chapada do Araripe, NE do Brasil. Tese de Doutoramento em geologia. São Paulo, IG-USP, 1987, 139 p.

DIAS, J.B.V. Projeto Presidente Hermes, relatório final. Porto Velho, CPRM, 1978, 33 p.

GAY JR., S.P. The New Basement Tectonics - Aeromagnetic lineaments - Their geological significance and their significance to geology. Salt Lake City-UT, American Stereo Map. 1972, 93 p.

_____ Aeromagnetic lineament study of covered Precambrian basement, southeastern Missouri. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE NEW BASEMENT TECTONICS, 1., Salt Lake City,UT. June 1974. **Proceedings**. Salt Lake City-UT, Utah Geological Association, 1976. p. 183-191.

GENERAL ELETRIC (GE). Image-100 interactive multiespectral image analysis system; user manual. Florida, 1975.

GIBBS, A.D. Structural evolution of extensional basin margins. Journal of Geological Society of London, 141(4):609-620, 1984.

HARDING, T.P. Graben Hydrocarbon Occurrences and Structural Style American Asociation of Petroleum Geologists Bulletin, 68(3):333-362, 1984.

_____ Petroleum traps associated with wrench faults. American Asociation of Petroleum Geologists Bulletin, 58(7):1290-1304, 1974.

LE FOURNIER, J. Projet de Recherche GEORIFT; Tectonic and Sedimentological Evolution of the East African Rift System. France. Societe Nationale elf Aquitaine de Production- SNEAP, 1985, 14 p.

LISTER, G.S. et alii Detachment faulting and the evolution of passive continental margins. Geology, 14:246-250, March 1986.

NICKELSEN, R.P. Early jointing and cumulative fracture patterns. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE NEW BASEMENT TECTONIC, 1., Salt Lake City, June 1974. Proceedings, Salt Lake City-UT, Utah Geological Association, 1976. p. 193-199.

OLIVEIRA, W.J. et alii Aspectos fisiográficos da região sudeste do estado de Rondônia: uma abordagem metodológica usando dados de satélite TM/LANDSAT. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto, 5., Natal, out. 1988.

OLIVEIRA, W.J. Estudo aspectos geológicos da região sudeste do estado de Rondônia através do emprego de uma nova abordagem metodológica usando dados de satélite. Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, INPE, 1989.

PARADELA, W.R. e DUTRA, L.V. Filtragens digitais de imagens LANDSAT como técnica de auxílio visual na fotointerpretação geológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, 1980. **Anais**. v. 5, p. 2959-2964.

PINTO FILHO, F.P Projeto Sudeste de Rondônia; relatório final. Porto Velho, CPRM, 1977, 167 p.

PLICKA, M. Observations on joint zones in Moravia, Czechoslovakia. INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE NEW BASEMENT TECTONICS, 1., Salt Lake City-UT, June 1974. **Proceedings**. Salt Lake City,UT, Utah Geological Association, 1976. p. 279-289.

PROJETO SERRA DOS PARECIS Mapa de contorno do campo magnético residual. Rio de Janeiro, CPRM, 1982. Levantamento aerogeofísico realizado pela Geofoto S.A., processamento e confecção dos mapas pela CPRM.

PROJETO SERRA DOS PACAÁS NOVOS Mapa de contorno do campo magnético residual. Rio de Janeiro, CPRM, 1983. Levantamento Aerogeofísico realizado pela Geofoto S.A., processamento e confecção dos mapas pela CPRM.

RAMGRAB, G.E.; SANTOS, J.O.S. O grupo Uatumã (Sessão Geologia Regional). Manaus, CPRM, 1974, 21 p.

RIVERAUX, J.C. Notas de aula do Curso de Fotointerpretação. Semana de Estudos, 11., Ouro Preto, 1972. Sociedade de Intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos.

SAMPAIO, O.S. Estudo de fraturamentos como subsídio à pesquisa de água subterrânea no estado de Sergipe: uma abordagem através de dados de sensoriamento remoto. Dissertação de mestrado em sensoriamento remoto. São José dos Campos, INPE, 1986. 107 p. (INPE-4319- TDL/286).

SANTOS, A.R. Estudos sobre a tectônica de fraturamento na região do Quadrilátero Ferrífero e em partes do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais. Tese de Doutoramento em sensoriamento remoto. IG/USP, São Paulo, 1986.

SANTOS, J.O.S. Subdivisão do Precambriano da Amazônia: uma sugestão. Manaus, CPRM, 1976, 31 p.

SIQUEIRA, L.P. Bacia dos Parecis, relatório interno. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1988, 33 p.

SOARES, P.C.; FIORI, A.P. Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. Noticiário Geomorfológico, 16(32):71-104, dez. 1976.

SOEIRO, R.S. Projeto prospecção de carvão energético em Rondônia; relatório final. Porto Velho, CPRM, 1981, 84 p.

SOUZA, E.C. Projeto Noroeste de Rondônia; relatório final. Porto Velho, DNPM/CPRM, 1975, v.1, 129 p.

SOUZA PONTES, C. et alii A importância do fraturamento no arcabouço da bacia de Pimenta Bueno-RO. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5., Natal, out. 1988.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. São José dos Campos, INPE, nov. 1982. 53 p. (INPE-2227 - MD/014).

VENEZIANI, P.; CREPANI, E. Sensoriamento remoto na geologia. Fascículo GG1. São José dos Campos, INPE, 1989, 74 p.

VENEZIANI, P. Análise de movimentos da tectônica rúptil e rúptil-dúctil através da interpretação de sensores remotos na região do Espinhaço Meridional (MG): uma correlação com processos evolutivos. Tese de Doutoramento em geologia. São Paulo, IG-USP, 1987, 186 p.

BIBLIOGRAFIA

GOL'BRAYKH, I.G. et alii Tectonic analysis of megajointing: A promising method of investigating covered territories. International Geology Review. 8(9):1009-1016, 1965.

HASUI, Y. et alii Elementos geofísicos e geológicos da região Amazônica: Subsídios para o modelo geotectônico. In: SIMPOSIUM AMAZÔNICO, 2., Manaus, Abril, 1984. Anais. Rio de Janeiro, DNPM, 1984. p. 129-141.

HODGSON, R.A. Genetic and geometric relations between structures in basement and overlying sedimentary rocks, with examples from Colorado Plateau and Wyoming. American Asociation of Petroleum Geologists Bulletin, 45:(7)935-949, Jul. 1965.

LEAL, J.W.L. et alii Esboço geológico de parte da folha SC.20 Porto Velho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, out. 1974. Anais, v. 4, Rio de Janeiro, SBG, 1974. p. 269-275.

LOCZY, L. e LADEIRA, E.A. Geologia estrutural e introdução à geotectônica. Rio de Janeiro, Edgard Blucher, 1976, 528 p.

NORTHFLEET, A.A. et alii Aplicação de geomatemática à prospecção de petróleo: análise de fraturas por poliedros ortogonais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, set. 1971. **Anais**. São Paulo, SBG, 1971. v. 3, p. 61-70.

PADILHA, A. V. et alii Projeto Centro-oeste de Mato Grosso; relatório final. Goiânia, CPRM, abril 1974, 107 p.

PETRI, S.; FÚLFARO, V.J. Geologia da Chapada dos Parecis, Mato Grosso-Brasil. Revista Brasileira de Geociências, 11(4):274-282, dez. 1981.

TANKARD, A.J.; WELSINK, H.J. Extensional Tectonics and Stratigraphy of Hibernia Oil Field, Grand Banks, Newfoundland. The American Association of Petroleum Geologists Bulletim, 71(10):1210-1232, 1987.

ZALÁN, P.V. A tectônica transcorrente na exploração de petróleo: uma revisão. Revista Brasileira de Geociências, 16(3):245-257, set. 1986.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

APÊNDICE A

MAPA DE CAMINHAMENTO

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

APÊNDICE B

MAPA DE FEIÇÕES LINEARES DE RELEVO E DRENAGEM

APÊNDICE B

MAPA B1 – MAPA DE FEIÇÕES LINEARES DE DRENAGEM DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SC.20-Z-DI, II, III, IV, V)

MAPA B2 – MAPA DE FEIÇÕES LINEARES DE DRENAGEM DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SD.20-X-BI, II, III, IV, V)

MAPA B3 – MAPA DE FEIÇÕES LINEARES DE DRENAGEM DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SC.20-Z-C)

MAPA B4 – MAPA DE FEIÇÕES LINEARES DE DRENAGEM DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SD.20-X-A)

APÊNDICE C

MAPA DE ISODENSIDADE DE FRATURAS

APÊNDICE C

MAPA C1 – MAPA DE ISODENSIDADE DE FRATURAS DIREÇÃO N 25E +/- 5º

MAPA C2 – MAPA DE ISODENSIDADE DE FRATURAS DIREÇÃO N 85W +/- 10º

MAPA C3 – MAPA DE ISODENSIDADE DE FRATURAS DIREÇÃO N 45W +/- 5º

MAPA C4 – MAPA DE ISODENSIDADE DE FRATURAS DIREÇÃO N 65 +/- 10º

MAPA C5 – MAPA DE ISODENSIDADE DE FRATURAS DIREÇÃO N S +/- 5º

MAPA C6 – MAPA DE ISODENSIDADE DE FRATURAS DIREÇÃO N 40E +/- 5º

MAPA C7 – MAPA DE ISODENSIDADE DE FRATURAS DIREÇÃO N 65E +/- 5º

MAPA C8 – MAPA DE ISODENSIDADE DE FRATURAS DIREÇÃO N 20W +/- 5º

APÊNDICE D

MAPA DE FOTOANÁLISE

APÊNDICE D

MAPA D1 – MAPA DE FOTOANÁLISE DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SC.20-Z-DI, II, III, IV, V)

MAPA D2 – MAPA DE FOTOANÁLISE DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SD.20-X-BI, II, III, IV, V)

MAPA D3 – MAPA DE FOTOANÁLISE DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SD.20-X-A)

MAPA D4 – MAPA DE FOTOANÁLISE DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SC.20-Z-C)

APÊNDICE E

MAPA GEOLÓGICO

APÊNDICE E

MAPA E1 – MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SD.20-X-BI, II, III, IV, V)

MAPA E2 – MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SC.20-Z-DI, II, III, IV, V)

MAPA E3 – MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SD.20-X-A)

MAPA E4 – MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SC.20-Z-C)

APÊNDICE F

RELAÇÃO DE ATITUDES DE FRATURAS EM CAMPO

DADOS DE FRATURAS DE CAMPO

PONTO	JUNTA	ACAMAMENTO	OBSERVAÇÕES
12	N25E/ SV		PERCOLAÇÃO DE ÁGUA. FOLHELHO
	N70W/SV		
	N75E/SV		
14	N30E/SV	N20E/03SE	FOLHELHO
	N50W/SV		
	N10E/SV		
15		N55E/70SE	DIAMICTITO
16	N55W/SV		FOLHELHO
	N60W/55NE		
17	N55W/SV		EIXO DE DOBRA N60W. FOLHELHO
18	N55E/SV	N45W/30NE	FOLHELHO
	N45E/SV	N40W/25NE	
	N20W/SV		
19	N20W/SV	N20E/10SE	CALCÁRIO
	N25E/SV		
	N30E/SV		
	N75W/SV		
	N45E/SV		
	N40W/SV		
	N55E/SV		
	N80W/SV		
	N60W/SV		PERCOLAÇÃO DE ÁGUA E DISSOLUÇÃO

PONTO	JUNTA	ACAMAMENTO	OBSERVAÇÕES
22	N85W/SV		SISTEMA DE JUNTAS. ARCÓSEO
	N55E/SV		ZONA DE SUNTAS
	N20E/45NW		PALEOCORRENTE N35W, N25E
	N30E/SV		PERCOLAÇÃO DE ÁGUA
	N05E/SV		
	N20W/SV		
	N35E/SV		
	N65W/SV		ZONA DE JUNTAS
	N65E/SV		12/M. SILICIFICAÇÃO
	EW/SV		SILICIFICAÇÃO
23	N40E/50NW	N65W/25SW	FOLHELHO/ARCÓSEO
	N45E/55NW	N15W/25SW	CIZALHAMENTO
	N65E/75SE		CIZALHAMENTO
	N35E/SV		
	N80E/SV		
	N55E/SV		
	N85W/SV		FALHA
24	N45W/SV	N80E/45SE	FOLHELHO/ARENITO ARCOSEANO
	N30E/SV	N85W/32SE	
	N20E/SV		
	N05W/SV		
	N05W/55SW		
	NS/SV		
	EW/SV		ZONA DE JUNTAS
25	N60E/22NW		GRANITO/DIQUE DIABÁSIO
	NS/60E *		* - PIRITA NO PLANO DE
	N15E/80SE		FRATURA
	N30E/80NW *		
	N30E/30SE		PREDOMINANTES
	N30E/35SE *		"
	N50W/65SW		
	N70W/SV		
	N80W/SV		CIZALHAMENTO
	N40E/26NW		
		N15E/SV	FOLIAÇÃO. GRANITO
	N75E/SV		DESLOCAMENTO DESTRÓGIRO

PONTO	JUNTA	ACAMAMENTO	OBSERVAÇÕES
27	N20E/SV	N10E/SV	FOLIAÇÃO GNÁISSICA
	N30W/SV		
28	N25E/SV	N05E/45SE	FOLIAÇÃO GNÁISSICA
	N80E/SV	NS/35E	DESLOCAMENTO LEVÓGIRO
	N60E/SV	N10E/35SE	
	N60W/80NE		
32	N85W/SV		12/M. CIZALHAMENTO
	N20W/SV		ARCÓSEO CONGLOMERÁTICO
35	NS/SV	N50E/SV	DESL. DESTRÓGIRO/FOLIAÇÃO
	N30W/SV		GNÁISSICA
	N55W/SV		VEIO DE QUARTZO
	N30E/SV		
	N40E/SV		
	N80E/SV		2/M.
	N60W/SV	N55W	LINEAMENTO
36	N60W/SV		ARCÓSEO CONGLOMERÁTICO
	N65W/SV		ZONA DE JUNTAS
	N28E/SV		SISTEMA INTERROMPIDO PELO
			SISTEMA ANTERIOR
39	NS/SV	N80W/32NE	FOLHELHO
41		N85W/65NE	FOLHELHO E ARCÓSEO
		N65W/65NE	
42	N75W/SV	N35W/S0SW	FOLHELHO E ARCÓSEO
	N35W/55SW	N25W/25SW	
47	N05W/SV	SUB-HZ	FOLHELHO E ARCÓSEO
	N75W/SV		
	N10W/SV		3/M. ZONA DE JUNTAS.
			PERCOLAÇÃO DE ÁGUA
	EW/SV		INTERROMPE SISTEMA
			ANTERIOR.SILICIFICAÇÃO
52	N30W/VAR		VAR- MERGULHO IRREGULAR.
			ARCÓSEO

PONTO	JUNTA	ACAMAMENTO	OBSERVAÇÕES
54		N35W/45NE	FOLIAÇÃO CATACLÁSTICA
		N85E/60NW	
		N80E/45NW	
		N57E/45NW	
		N65E/45NW	
55		N70E/HZ	EIXO DOBRA - 45N. GNAISSE
57	N85WSV		GNAISSE
58	N70E/65NW		GNAISSE. PREENCHIMENTO MAT.FÉLSICO
	N45W/70NE		" "
	N80E/60NW		" "
	N15E/SV		
	N20W/SV		
	EW/SV	N25E/50NW (?)	
	N50E/SV		INTERROMPE A DIREÇÃO EW.
61	N10E/70SE	N80W/65SW	10/M. MILONITO
		N85W/65SW	
62	N85E/SV		10/M. ANFIBOLITO
	N40W/SV		PREENCHIMENTO DE MAT. FÉLSICO
	N10E/SV	N35W/SV	FOLIAÇÃO INCIPIENTE
	N05E/SV		
	N65E/SV		PREDOMINANTE
65	N05E/SV		5/M. FOLHELHO E ARCÓSEO
		N85E/05NW	PALEOCORRENTE- 0S10W
66	N10W/SV		8/M. FOLHELHO E ARCÓSEO
	N80E/SV		DIREÇÃO DE DRENAGEM
67	N05W/SV		3/M. FOLHELHO E ARCÓSEO
	N85E/SV		INTERROMPIDA PELA N05W/SV
71	N75W/50NE		3/M. ARCÓSEO
	N20W/SV		
	N50E/SV		INTERROMPE A FRAT. N75W/50NE

PONTO	JUNTA	ACAMAMENTO	OBSERVAÇÕES
72	N65W/60SW	N60W/05NE	FOLHELHO E ARCÓSEO
	NS/SV		
	N50W/SV		3/M.
	N70E/SV		
	N55W/SV		
	N45E/SV		
	N40W/SV		
	N60W/SV		
75	N40E/80SW		2/M. FOLHELHO E ARCÓSEO
	N80W/SV		2/M.
87	N30W/SV		ARENITO BOTUCATU
	N10E/SV		PREDOMINANTE
88	N65W/SV	NS/28W	ESTRATF.CRUZADA. ARN
			BOTUCATU
	N30E/SV		
90	EW/SV	N85W/10NE	ARN BOTUCATU/ESTRAT. CRUZADA
	N10E/SV	N45E/15NW	" " " "
	N15E/SV		
	N05W/SV		
97	N50W/55NW*	N30E/75SE	FOLIAÇÃO. ANFIBOLITO
	NS/32W	N40E/55NW	* - PREENCHIM. DE MAT.
	N55E/SV *		FÉLSICO
	N80W/SV *		
	N10E/60NW		
98	N30W/75NE		MILONITO (ANFIBOLITO)
	N30E/55NW	N55E/50NW	FOLIAÇÃO
	N50W/70NE		4/M.
	EW/67S		VEIO DE QUARTZO
103		N20W/62SW	CATACLASITO
104	N30W/SV		
	EW/SV		
	N75E/SV		
		N25E/45SE	
105		N80W/65SW	MILONITO
		N63W/75SW	
	N05W/30SW		3/M.
	N05E/20SE		

PONTO	JUNTA	ACAMAMENTO	OBSERVAÇÕES
106		N50W/60SW	MILONITO
		N35W/80SW	
		N40W/80SW	
		N55W/55NE(?)	

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

APÊNDICE G

MAPA DE LINEAMENTOS MAGNÉTICOS, DE TERRENO E DE ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS

APÊNDICE G

MAPA G1 – MAPA DE LINEAMENTOS MAGNÉTICOS DE ALINHAMENTO DE RELEVO E DRENAGEM E DE ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SC.20-Z-DI, II, III, IV, V)

MAPA G2 – MAPA DE LINEAMENTOS MAGNÉTICOS DE ALINHAMENTO DE RELEVO E DRENAGEM E DE ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SD.20-X-BI, II, III, IV, V)

MAPA G3 – MAPA DE LINEAMENTOS MAGNÉTICOS DE ALINHAMENTO DE RELEVO E DRENAGEM E DE ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SD.20-X-A)

MAPA G4 – MAPA DE LINEAMENTOS MAGNÉTICOS DE ALINHAMENTO DE RELEVO E DRENAGEM E DE ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS DA BACIA DE PIMENTA BUENO-RO (FOLHA SC.20-Z-C)