

# INTEGRAÇÃO DE DADOS GEOLÓGICOS, GEOFÍSICOS E IMAGENS TM/LANDSAT NA REGIÃO DE PONTES E LACERDA, UTILIZANDO-SE DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

José Carlos Garcia Ferreira  
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
Rua Domingos de Morais, 2463  
04035 - São Paulo  
BRASIL

Juércio Tavares de Mattos  
Carlos Alberto Felgueiras  
Instituto de Pesquisas Espaciais  
Secretaria Especial de Ciência e Tecnologia  
Caixa Postal 515  
BRASIL

## RESUMO

Esse trabalho descreve uma metodologia que pode reduzir o tempo operacional e o custo final de uma pesquisa geológica, trabalhando os dados geológicos, geofísicos e de sensoriamento remoto, no Sistema de Informação Geológica (SGI-INPE) aliado ao Sistema de Processamento de Imagem (SITIM-INPE). Dessa maneira, foi feita uma comparação entre todos os dados geológicos e de sensoriamento remoto da Folha Pontes e Lacerda (MT). Como resultado observou-se que os métodos de integração computacional e as técnicas de processamento de imagens permitiram o processo de refinamento e a análise geológica.

## ABSTRACT

This paper describes a methodology that can reduce the time operating and the final cost of a geological research, in working the geologic, geophysic and remote sensing dates in both Geographic Information System (SGI-INPE) and Image Processing System (SITIM-INPE). In this way, it was made a comparison between all geological and remote sensing dates, in the Pontes e Lacerda quadrangle (MT). As result, it was observed that computational integration methods and processing image technics, together, permitted in the selected area, the quick processing of a great number dates, supporting the refinement process and the geological analyses.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS

Atualmente está sendo gerado eleva do volume de informações sobre a superfície e sub-superfície terrestre devido principalmente à evolução tecnológica na obtenção de dados. Haja visto o grande número de dados obtidos pelos sistemas de sensoriamento remoto. A utilização dessa grande quantidade de dados (sensoriamento remoto geofísica, geoquímica) em levantamentos geológicos é dificultada pela multiplicidade de (naturezas distintas) dos mesmos, fornecidos por diversas fontes, que em muitas vezes encontram-se em diferentes formatos, escalas e resoluções espaciais, dificultando sobremaneira a interpretação e integração de dados de maneira eficiente.

Com o surgimento de sistemas computacionais para aplicações gráficas e de processamento de imagens tornou-se possível o desenvolvimento e a difusão do chamado Sistema de Informações Geográficas (SIG) que consiste em

um banco de dados que manipula formas codificadas espacialmente (informações bi ou tri dimensionais que possam ser cartografadas) em um sistema computacional. Assim um dos procedimentos para se integrar de forma satisfatória estas várias ferramentas disponíveis é através de um SIG, cujos dados frequentemente apresentados em forma de mapas de isolinhas (geofísicos, geoquímicos, plani-altimétricos, etc.) são digitalizados e geocodificados em um sistema de referência comum para serem tratados através de técnicas de processamento de imagem.

Este trabalho tem por objetivo comparar e correlacionar as informações geológicas disponíveis na área de estudo (interpretações de imagens fotográficas e dados geofísicos: gamaespectrometria, magnetometria e gravimetria) através de um sistema de informações geográficas interrelacionado com um processador de imagem.

## 1.2. ÁREA DE ESTUDO

A área situa-se na porção sudoeste do Estado do Mato Grosso, balizada pelos paralelos 15°00'S e 15°30'S e meridianos 59°00' W e 59°30' W (figuras 1 e 2). Compreende terrenos abrangidos pela quadrícula SD.21-Y-C-II (Pontes e Lacerda) segundo a divisão do mundo ao milionésimo, escala 1:100.000, perfazendo um total de aproximadamente 3.000 km<sup>2</sup>. O principal meio de acesso está representado pela rodovia asfaltada BR-364 que liga Cuiabá-Porto Velho, passando pela cidade de Cáceres a sudeste, atravessando toda a porção norte da área em pauta. Dela partem ainda inúmeras estradas vicinais que servem a pequenos povoados e fazendas na região. Pode-se também chegar à área através de aeronaves de pequeno e médio porte, dispondo-se para isto de vários campos de pouso localizados na cidade de Pontes e Lacerda, principal núcleo urbano da região e nas grandes fazendas existentes.

## 2. GEOLOGIA

A nível das grandes entidades que compartimentam o arcabouço geotectônico regional três grandes unidades podem ser destacadas: o Cráton Guaporé e as Faixas Móveis Aguapeí e Paraguaia Araguaia.

A nível da área trabalhada, entre tanto, a mesma tem a maior parte de seus terrenos identificados com a Plataforma ou Cráton Guaporé e sua porção restante relacionada a Faixa Móvel Aguapeí. Com respeito a primeira pode ser correlacionada ainda a Província Tapajós de ALMEIDA *et alii* (1977) (in: ALMEIDA & HASUI, 1984) ou mais especificamente a Sub-Província Madeira destes mesmos autores, considerada a menos conhecida e mais controvertida da Província de Tapajós.

A Faixa Móvel Aguapeí deve seu reconhecimento em território Brasileiro a BLOOMFIELD & LITHERLAND (1979), que a julgaram como principal reflexo no Brasil do Ciclo Orogênico Sunsas, definido por estes autores na porção oriental da Bolívia. Neste último país o Ciclo Orogênico Sunsas estaria representado pela Faixa móvel homônima, a qual balizaria os limites meridionais do Cráton Paraguá, definido no escudo boliviano. Os autores (*op. cit*) caracterizam esta última entidade como de caráter policíclico onde estão registradas impressões pertinentes a pelo menos dois ciclos orogênicos, ou seja os Ciclos Transamazônico e o San Ignácio (1,40-1,28 b.a.).

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1. MATERIAIS

As características do trabalho executado (integração de dados), de tal maneira que atendam aos objetivos de ana-

lisar as correspondências de um grande número de dados, exigiram a utilização de vasto material e equipamentos que serão descritos a seguir.

### 3.1.1. PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Imagens multiespectrais Landsat/TM bandas, 4,5 e 7, nas escalas de 1:250.000 e 1:100.000 (tabela 1);

Fotografias aéreas em preto e branco na escala de 1:60.000 (obra USAF, maio 1967) (tabela 1).

### 3.1.2. PRODUTOS GEOFÍSICOS, GEOQUÍMICOS E PLANI-ALTIMÉTRICO

Mapas de contorno gamaespectrométricos na escala de 1:100.000 de contagem total-CT, urânio-U, tório-Th, potássio-K e razões U/Th, U/k, th/k (Projeto Aerogeofísico Cabeceiras do Rio Guaporé).

Mapa de contorno magnético de campo total na escala de 1:100.000 (Projeto Aerogeofísico Cabeceiras do Rio Guaporé).

Mapa gravimétrico na escala de 1:100.000 (Projeto Rio Alegre - DNPM/CPRM/IAG-USP.)

Base plani-altimétrica na escala de 1:100.000, folha Pontes e Lacerda (SD 21-Y-C-II) elaborada pelo Ministério do Exército - Diretoria do Serviço Geográfico, 1978.

### 3.1.3. EQUIPAMENTOS

Estão sendo utilizados para a realização deste trabalho dois equipamentos pertencentes ao Instituto de Pesquisas Espaciais: SITIM 150 e SGI.

**SITIM 150** trata-se de um sistema de tratamento de imagens modular desenvolvido pelo próprio instituto formado por um microcomputador e uma unidade de visualização modular, configurável para atender a aplicação desejada que pode operar independentemente ou como estação de trabalho ligado a um computador de maior porte. O Sistema possui aplicativos específicos, desenvolvidos especialmente para cada tipo de utilização. Maiores informações a respeito podem ser obtidos no manual do equipamento (ENGENHARIA, 1987a).

**SGI** o SGI é um conjunto de programas que permitem adquirir, analisar, combinar e re produzir informações codificadas espacialmente. Trata-se de um sistema complementar ao sistema SITIM, desenvolvido também pelo próprio instituto devido a necessidade de integrar imagens de satélite a uma base cartográfica ou dados no formato espacial bem como dados cadastrais. Cada estudo ou trabalho executado pelo SGI é armazenado numa base de dados própria que recebe o nome de projeto. Dentro de um projeto, o usuário cria planos de

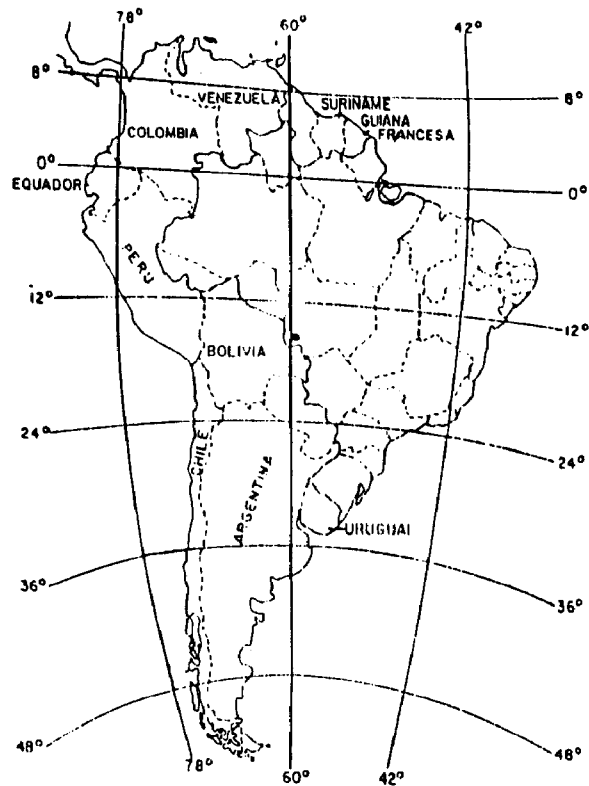


FIG. 01 - Mapa de localização da área

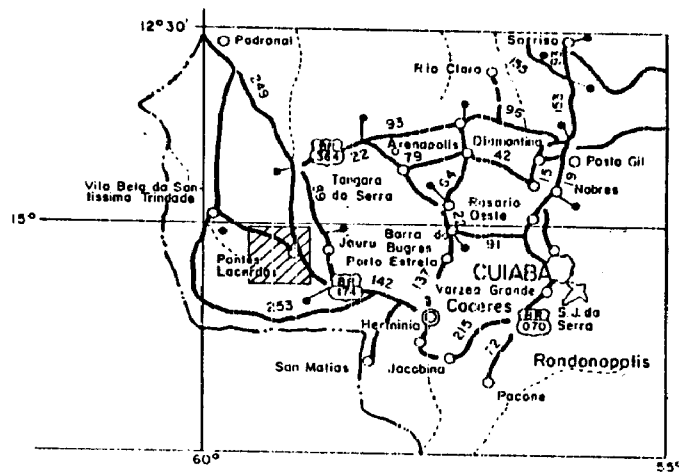


FIG. 02 - Vias de acesso e localização da folha

| TIPO            | ÓRBITA/<br>PONTO | ESCALA    | ELEVACÃO/<br>AZIMUTE | CANALIS | DATA DE<br>PASSAGEM      |
|-----------------|------------------|-----------|----------------------|---------|--------------------------|
| LANDSAT/<br>TM  | 229/70           | 1:250.000 | 40/50                | 4       | 05/02/88                 |
| LANDSAT/<br>TM  | 228/71           | 1:250.000 | 38/48                | 4       | 25/07/88                 |
| LANDSAT/<br>TM  | 228/71A-2        | 1:100.000 | 50/05                | 4,5,7   | 26/02/86                 |
| LANDSAT/<br>TM  | 228/71A-2        | 1:100.000 | 38/48                | 4,5,7   | 25/07/88                 |
| FOTOS<br>AÉREAS |                  | 1:60.000  |                      |         | obtidas<br>maio/<br>1967 |

TABELA 1 - PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

informações (PIs) que correspondem aos diferentes dados necessários ao trabalho. Dentro de um projeto todos os planos de informações são registrados armazenados num mesmo referencial ou projeção. Desta forma, as tarefas de combinação de dados tornam-se mais precisas e é possível sobrepor os PIs, sem cometer erros. Seu uso é controlado por *menus* que realizam o acionamento dos diferentes módulos. Além do uso através de *menus* o SGI incorpora bibliotecas de funções para o desenvolvimento de aplicativos específicos para aplicações particulares "sistema aberto", facilitando a criação de programas e permitindo a integração do SGI com pacotes de processamento específico.

Tal sistema foi desenvolvido para operar em uma estação de trabalho SITIM e mesa digitalizadora. Maiores informações são encontradas no manual do sistema (ENGESPAÇO, 1987 b.)

### 3.2. METODOLOGIA

As etapas planejadas para o desenvolvimento dos trabalhos compreendem uma sequência sistemática, tornando possível introduzir todos os dados existentes na área, de maneira que cada produto utilizado e interpretado se torne um plano de informação (PI) onde

foram registrados no SGI dentro de um projeto único, e armazenados num mesmo referencial geográfico.

A figura 3 sintetiza a metodologia completa proposta para integrar os dados geológicos através de um Sistema Geográfico de Informação, embora no presente trabalho falta elaborar parte do tratamento digital das imagens de satélite.

Em linhas gerais, a sistemática de trabalho teve início com a seleção e aquisição de produtos de sensoriamento remoto e dados temáticos, seguida de uma análise dos mesmos por caminhos distintos. Os dados de sensoriamento remoto em parte se submeteram ao tratamento digital e juntamente com os produtos fotográficos foram interpretados e introduzidos no SGI. Os dados temáticos foram também analisados, avaliados e através de digitalização ou compatibilização de formatos, também introduzidos no SGI. Desta forma foi possível realizar as atividades de combinação, sobreposição, criação e análise de modelos numéricos de terreno, geração de imagens sintética e "raster", obtenção de isolinhas, conversão de resoluções, interpolação de dados, e gera

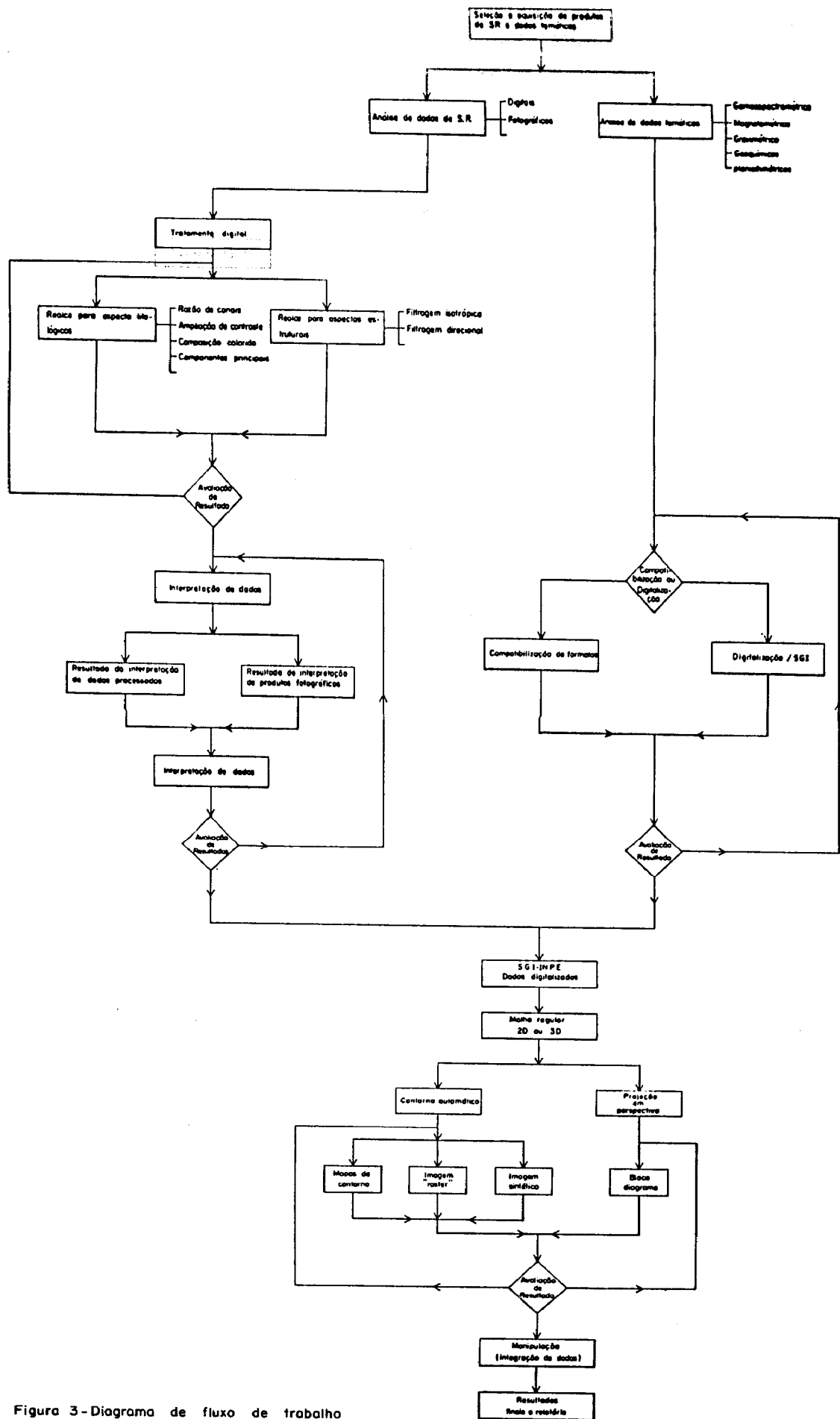


Figura 3-Diagrama de fluxo de trabalho

ção de bloco diagrama. Enfim integrar todas as informações disponíveis, utilizando o potencial máximo de cada ferramenta. Posteriormente segue-se uma etapa de campo dirigida para observações que permitam elucidar os relacionamentos entre os dados com várias características distintas.

#### 4. DISCUSSÕES E RESULTADOS

Neste trabalho foram analisados os seguintes mapas temáticos: gamaespectrométricos (CT, U, Th, K, U/Th, U/K, e Th/K), magnetométrico e gravimétrico além dos dados de sensoriamento remoto. Como grande parte desses dados já se encontram gravados em fitas CCTS pelo SEPRO/CPRM (Serviço de Processamento de Dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), os mesmos foram apenas compatibilizados para o sistema SGI/INPE, não sendo necessário a digitalização dos dados através da mesa digitalizadora, o que demandaria tempo exagerado. Após avaliação dessa compatibilização de formatos/e ou digitalização de alguns planos de informações, os mesmos foram indexados a um projeto dentro do sistema SGI/INPE. Embora nesta fase os dados já se encontravam indexados dentro do SGI/INPE, os mesmos apresentavam-se distribuídos irregularmente. Posteriormente obteve-se a malha regular a partir dos dados originalmente distribuídos sobre essa malha irregular. A regularização dos dados foi feita pela interpolação, que é uma técnica de ajuste de uma função matemática aos dados originais para cálculos dos valores em pontos não amostrados ou desconhecidos. Essa função deve ser tal que a superfície ajustada deve coincidir ao menos nos pontos de obtenção dos dados. Além disso, a função ajustada deve produzir uma superfície contínua e suave. Assim para cada tipo de dado é de fundamental importância a escolha do método de interpolação a ser utilizado, tentando unir as vantagens de métodos geoestatísticos (cálculos de erro) com as facilidades matemáticas (cálculo distância) em função de cada tipo de dados original.

O contorno automático foi a fase seguinte à da interpolação e permitiu obter automaticamente mapas de contorno, imagem "raster", imagem sintética, a partir das informações contidas nas células de malha regular.

Os dados da malha regular podem ser projetados em perspectiva, permitindo assim visualizá-los em três dimensões. Nesta fase obteve-se blocos diagramas que podem permitir o estudo das inter-relações espaciais dos parâmetros geofísicos e geológicos.

Posteriormente através da manipulação de todos os dados obtidos (combinação, sobreposição, análise de modelos numéricos de terreno, imagem sintética, imagem "raster", isolinhas, conversões de resoluções) foi possível integrar as informações disponíveis, gerando o mapa

interpretado final, checando-se no campo observações que permitiram elucidar os relacionamentos entre os dados de várias procedências.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que o mapeamento geológico e a pesquisa mineral envolve grandes investimentos, as entidades envolvidas em tais empreendimentos necessitam absorver novas tecnologias que possam adicionar aos métodos convencionais de maneira que possam, agilizar tratamento desses dados e minimizar custos. O potencial, ainda pouco explorado, das técnicas de sensoriamento remoto integradas a um sistema de Informação Geográfica é um argumento favorável e promissor, já que podem ser gerados parâmetros adicionais aos métodos já convencionais de pesquisa. Portanto é necessário comparar as anomalias com toda a informação disponível checando a realidade do terreno, interpretando dados geofísicos, geoquímicos e de sensoriamento remoto em termos geológicos. Quanto mais se conhecer as relações existentes ou não entre as várias técnicas empregadas maior será a eficiência de qualquer investigação ou pesquisa.

A integração dessas informações através de um Sistema de Informações Geográficas tendem a trazer melhores resultados. Assim pode-se estabelecer as seguintes considerações:

-As técnicas computacionais de integrações de dados possibilitam uma multiplicidade de maneiras de se tratar e apresentar informações geológicas;

- Um dos pontos mais críticos aos SIGs é a entrada de dados, daí a importância da compatibilização de dados que já se encontram gravados em disquetes e fitas CCTS serem compatibilizados com o sistema SGI/SITIM do INPE.

- A grande quantidade de dados e sua manipulação torna-se um pouco problemática, visto o sistema estar desenvolvido em microcomputador, dificultando a elaboração de um trabalho sistemático, por exemplo de uma folha 1:100.000.

- De maneira geral deve-se ressaltar que os avanços da pesquisa em SIG deve principalmente estar mutuamente relacionada aos usuários, ou seja, de acordo com as reais necessidades dos pesquisadores envolvidos em cada tipo de pesquisa. Portanto a medida da necessidade deve-se incrementar programas específicos para cada área, por exemplo em geologia, novos métodos de interpolação.

No entanto muitos problemas tem que ser considerados na interface Sensoriamento Remoto/Sistemas de Informações geográficas, tais como aqueles relacionados com a qualidade das imagens (Landsat) resolução espacial, quantidade de dados, classificação, entrada de dados, qualidade de *software e hardware*, etc., o que limita este trabalho de acordo com os dados e equipamentos utilizados disponíveis até o momento.

Assim, embora existam vários problemas a serem considerados observou-se que o método de integração computacional de dados, aliado às técnicas de processamento de imagens, permita processar com rapidez um grande volume de dados existentes nessa área selecionada, auxiliando o processo de refinamento e análise geológica.

##### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y. O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgar Blucher Ltda, 1984. il.
- BARROS, A.M.; SIMÕES, M.A. Geologia. In BRASIL, MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, SECRETARIA GERAL, PROJETO RADAM-BRASIL, Folha SD.21.Cuiabá, Rio de Janeiro, 1982. 544p. (levantamentos de Recursos Naturais, 26):25-192.
- BARROS, A.M. et alii Geologia Pré-Cambriana da Folha SD.21-Cuiabá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 1. Goiânia, 1981. Atas...Goiânia, SBG, 1981: 134-152.
- BLOMFIELD, K.; LITHERLAND, M. Proyecto de Exploracion Mineral Del Oriente Boliviano; fase I, 1976-1979. (Informe nº 1), Resumen de La Geologia y Potencial de Minerales Del área Del Proyecto, zona Sul. Trad. do Inglês por Gustavo Donoso. Santa Cruz. Serviço Geológico de Bolívia, 1979:56p.
- CARDOSO, O.R.F.A.; DEL ARCO, J.O.; SOUZA, E.P. de Reconhecimento geológico em parte das folhas SD.20-Z-D, SD.21-Y-A e SD.21-Y-C. Goiânia, Projeto RADAM BRASIL, 1980:62p. il. (Relatório Técnico de viagem, inédito).
- ENGEESPÇO Manual do Usuário do Sistema de Informações SITIM-150. São José dos Campos, 1987.
- FERREIRA, J.C.G.; MENEZES, R.G.; TAKAHASHI, A.T. Projeto Rio Alegre ("Projeto Conceitual"), Folha SD.21-Y-C-II, Pontes e Lacerda, escala 1:100.000. São Paulo, Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, CPRM, 1987. Convênio DNPM/CPRM:154p. il. (Relatório Inédito).
- FIGUEIREDO, A.J. de A. et alii. Projeto Alto Guaporé, relatório final. Goiânia, DNPM/CPRM, 1974. 2 v. (Relatório do Arquivo técnico da DGM, 2323).
- MENEZES, R.G. de et alii Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil; Folha SD.21-Y-C-II Pontes e Lacerda. Escala 1:100.000. São Paulo, CPRM, 1989. Convênio DNPM/CPRM. (Relatório em andamento).
- RODRIGUES, A.P. Projeto Alto Guaporé, Relatório Final, Folha Mato Grosso, SD.21-Y-C. Goiânia, DNPM/CPRM, 1974. 11v. il, v.4:35p.