



SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL – CPRM



# GUIA DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

*VOLUME 1*  
**CARTOGRAFIA  
GEOLÓGICA**



*Organizadores*  
*Vladimir Cruz de Medeiros*  
*Lúcia Travassos da Rosa-Costa*

**2020**

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **Ministro de Estado**

Bento Albuquerque

### **Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

Alexandre Vidigal de Oliveira

## **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor-Presidente**

Esteves Pedro Colnago

#### **Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Marcio José Remédio

#### **Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

#### **Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Paulo Afonso Romano

#### **Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

### **COORDENAÇÃO TÉCNICA**

#### **Chefe do Departamento de Geologia**

Lúcia Travassos da Rosa-Costa

#### **Chefe da Divisão de Geologia Básica**

Vladimir Cruz de Medeiros

#### **Chefe da Divisão de Geodinâmica**

Joseneusa Brilhante

#### **Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica**

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

#### **Chefe da Divisão de Estratigrafia, Paleontologia e Sedimentologia**

Nelson Joaquim Reis

#### **Chefe do Departamento de Recursos Minerais**

Marcelo Esteves Almeida

#### **Chefe do Departamento de Informações Institucionais**

Edgar Shinzato

#### **Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação**

Patricia Duringer Jacques

#### **Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação**

Washington José Ferreira Santos

#### **Chefe da Divisão de Editoração Geral**

Valter Alvarenga Barradas

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**  
**DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS - DGM**

# **GUIA DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS**

## **VOLUME 1 - CARTOGRAFIA GEOLÓGICA**

### **Organizadores**

Vladimir Cruz de Medeiros  
Lúcia Travassos da Rosa-Costa



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
CPRM

---

Brasília  
2020

## **REALIZAÇÃO**

Departamento de Geologia

## **ORGANIZAÇÃO**

Vladimir Cruz de Medeiros

Lúcia Travassos da Rosa-Costa

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 01 – Projetos de mapeamento geológico**

Vladimir Cruz de Medeiros

Adeilson Alves Wanderley

Lúcia Travassos da Rosa-Costa

Elizete Domingues Salvador

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 02 - Procedimentos em mapeamento geológico**

Vladimir Cruz de Medeiros

Erison Soares Lima

Lúcia Travassos da Rosa-Costa

Patrick Araújo dos Santos

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 03 – Caderneta de campo**

Vladimir Cruz de Medeiros

Erison Soares Lima

Patrick Araújo dos Santos

Rodrigo Rodrigues Adorno

Hemerson Lucas da Costa Silva

Lys Matos Cunha

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 04 - Numeração de pontos descritos, amostras e fotografias**

Vladimir Cruz de Medeiros

Adeilson Alves Wanderley

Erison Soares Lima

Patrick Araújo dos Santos

Lys Matos Cunha

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 05 - Unidades litoestratigráficas e procedimentos para definição de siglas**

Vladimir Cruz de Medeiros

Patrick Araújo dos Santos

Erison Soares Lima

Adeilson Alves Wanderley

Lys Matos Cunha

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 06 - Símbolos de elementos químicos e abreviaturas de minerais e rochas utilizados em mapas e relatórios**

Vladimir Cruz de Medeiros

Tiago Bandeira Duarte

Adeilson Alves Wanderley

Patrick Araújo dos Santos

Erison Soares Lima

Alberto Santos Moreira Junior

Hemerson Lucas da Costa Silva

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 07 - Elaboração de Nota Explicativa**

Vladimir Cruz de Medeiros

Adeilson Alves Wanderley

Erison Soares Lima

Evandro Luiz Klein

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Cassiano Costa Castro

Francisca de Paula da Silva e Lima

Lys Matos Cunha

Lúcia Travassos da Rosa-Costa

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 08 – Mapa geológico (*layout, shapes, tabelas de atributos, etc.*)**

Francisca de Paula da Silva e Lima

Cristiane Silva de Souza

Aleandre Ranier Dantas

Lúcia Travassos da Rosa-Costa

Vladimir Cruz de Medeiros

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 09 – Coleta de amostras em campo (petrografia, orientada, litogeoquímica, espectrorradiometria, geocronologia e paleontologia)**

Erison Soares Lima

Jaime Estevão Scandolara

Lêda Maria Barreto Fraga

Mônica Perrotta

Patrick Araújo dos Santos

Vladimir Cruz de Medeiros

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOD 01 - Procedimentos em geocronologia e análises isotópicas**

Joseneusa Brilhante Rodrigues

Lynthener Bianca Takenaka de Oliveira

Raíssa Belotti de Mesquita

Vidyã Vieira de Almeida

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIPALE 01 - Procedimentos de coleta e recuperação de fósseis**

Nelson Joaquim Reis

Rodrigo Rodrigues Adorno

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DISEGE 01 - Orientações gerais para interpretações de dados aerogeofísicos (gamaespectrometria e magnetometria)**

Flávio Nogueira Chiarini

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Antônio Charles de Oliveira

**INSTRUÇÃO TÉCNICA DISEGE 02 - Nomenclatura  
de encartes geofísicos em mapas**

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto  
Raphael Teixeira Correa  
Marcus Flavio Nogueira Chiarini  
Roberto Gusmão de Oliveira  
Iago Sousa Lima Costa  
Isabelle Cavalcanti Corrêa de Oliveira Serafim

**NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nelma Fabrícia da Paixão Ribeiro Botelho

**PROJETO GRÁFICO/EDITORÇÃO**

**Capa**

Washington José Ferreira Santos

**Miolo/Diagramação**

Marcelo Henrique Borges Leão  
Adrya Mayara de Souza Ribeiro

---

**Serviço Geológico do Brasil - CPRM**

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

[seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

G943 Guia de procedimentos técnicos : volume 1 – cartografia geológica /  
Organizadores Vladimir Cruz de Medeiros [e] Lúcia Travassos da  
Rosa-Costa. – Brasília : CPRM 2020.  
170 p.

ISBN: 978-65-5664-023-5

1.Geologia. 2.Geociências. I. Medeiros, Vladimir Cruz de, org.  
II. Rosa Costa, Lúcia Travassos de, org.

CDD 551

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme – CRB7 5663

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM  
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

# APRESENTAÇÃO

---

A cartografia geológica representa uma das principais atribuições do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, é uma atividade fundamental para a ampliação do conhecimento geológico do país, indispensável para a evolução das Geociências, para o planejamento de ações voltadas ao aproveitamento sustentável de recursos minerais e hídricos, e para a gestão e planejamento de ocupação do meio físico.

Projetos que envolvem entre seus objetivos a cartografia geológica vêm sendo desenvolvidos desde da criação, em 1969, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM, e especialmente a partir de 1994, quando passou a ter atribuições de Serviço Geológico do Brasil-SGB.

Ao longo de sua trajetória, o SGB-CPRM realizou centenas de projetos de cartografia geológica em território brasileiro, em diferentes escalas de abordagem, sendo reconhecido como instituição do Governo Federal de grande relevância na produção de conhecimento geológico no país.

Neste produto são apresentados alguns procedimentos que norteiam as equipes dos projetos de cartografia geológica desenvolvidos no SGB-CPRM, com intuito de fornecer subsídios para uniformizar as ações e produtos gerados na instituição, assim como disponibilizar aos usuários externos experiências acumuladas pelo SGB-CPRM em 50 anos de atuação no setor.

Com mais este produto o Serviço geológico do Brasil – CPRM visa cumprir sua missão de gerar e disseminar o conhecimento geocientífico no país.

**Esteves Pedro Colnago**

Diretor-Presidente

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

**Marcio José Remédio**

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

# RESUMO

---

Esta edição do Guia de Procedimentos Técnicos apresenta orientações gerais e sintéticas sobre a metodologia adotada pelas equipes do Serviço Geológico do Brasil - CPRM em projetos de cartografia geológica, conduzidos pelo Departamento de Geologia, da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais.

São apresentadas treze instruções técnicas, elaboradas no âmbito das divisões técnicas (Divisão de Geologia Básica-DIGEOB, Divisão de Geofísica e Sensoriamento Remoto-DISEGE, Divisão de Geodinâmica-DIGEOD e Divisão de Paleontologia-DIPALE) vinculadas ao Departamento de Geologia, e que fornecem suporte às equipes executoras na realização dos projetos de cartografia geológica.

As instruções técnicas (IT) abordam temas específicos, incluindo orientações sobre a elaboração e fases de desenvolvimento de projetos de mapeamento geológico (IT DIGEOB 01), procedimentos de campo em mapeamento geológico (IT DIGEOB 02, IT DIGEOB 04, IT DIGEOB 09, IT DIPALE 01), utilização de materiais e equipamentos (IT DIGEOB 03), suporte para estudos geocronológicos (IT DIGEOD 01), proposição de siglas e hierarquias para unidades litoestratigráficas (IT DIGEOB 05), emprego de símbolos e abreviaturas em produtos técnicos (IT DIGEOB 06), além de instruções específicas para nortear a elaboração de relatórios (IT DIGEOB 07) e mapas (IT DIGEOB 08, IT DISEGE 01, IT DISEGE 02).

É importante destacar que as instruções aqui apresentadas estão em contínua revisão e atualização, para adaptação às constantes inovações e melhorias oriundas de avanços tecnológicos ou do conhecimento técnico, assim como é prevista a incorporação de novas instruções em futuras edições deste Guia de Procedimentos Técnicos.

# ABSTRACT

---

This edition of the Guide for Technical Procedures presents the general and synthetic orientations regarding the methodology used by the research teams at the Geological Survey of Brazil - CPRM for geological mapping projects, carried out by the Department of Geology, under the Board of Geology and Mineral Resources.

The guide presents thirteen technical instructions, elaborated under the scope of the technical divisions (Basic Geology Division - DIGEOB, Geophysics and Remote Sensing Division - DISEGE, Geodynamics Division - DIGEOD, and Paleontology Division - DIPALE) linked to the Department of Geology. The instructions are intended to support the research teams in the development of the geological mapping projects.

The Technical Instructions (IT) addresses specific themes, including orientations about the execution and the development phases of geological mapping projects (IT DIGEOB 01), field procedures for geological mapping (IT DIGEOB 02, IT DIGEOB 04, IT DIGEOB 09, IT DIPALE 01), of materials and equipment (IT DIGEOB 03) usage, support for geochronological studies (IT DIGEOD 01), proposals for acronyms and hierarchy of lithostratigraphic units (IT DIGEOB 05), implementation of symbols and abbreviations in technical documents (IT DIGEOB 06), in addition to specific instructions to guide the elaboration of reports (IT DIGEOB 07) and maps (IT DIGEOB 08, IT DISEGE 01, IT DISEGE 02).

It is important to point out that the instructions hereof presented are continually revised and updated to adapt to the constant innovations and improvements allowed by the advancements in technology and knowledge. Likewise, new instructions may also be incorporated in future editions of the Guide for Technical Procedures.



# SUMÁRIO

---

Instrução Técnica DIGEOB 01 - Projetos de mapeamento geológico.....	10
Instrução Técnica DIGEOB 02 - Procedimentos em mapeamento geológico.....	20
Instrução Técnica DIGEOB 03 - Caderneta de campo.....	31
Instrução Técnica DIGEOB 04 - Numeração de pontos descritos, amostras e fotografias.....	54
Instrução Técnica DIGEOB 05 - Unidades litoestratigráficas e procedimentos para definição de siglas.....	57
Instrução Técnica DIGEOB 06 - Símbolos de elementos químicos e abreviaturas de minerais e rochas utilizados em mapas e relatórios.....	64
Instrução Técnica DIGEOB 07 - Elaboração de Nota Explicativa.....	77
Instrução Técnica DIGEOB 08 - Mapa geológico ( <i>layout, shapes, tabelas de atributos, etc.</i> ).....	92
Instrução Técnica DIGEOB 09 – Coleta de amostras em campo (petrografia, orientada, litogeoquímica, espectrorradiometria, geocronologia e paleontologia).....	100
Instrução Técnica DIGEOD 01 - Procedimentos em geocronologia e análises isotópicas.....	108
Instrução Técnica DIPALE 01 - Procedimentos de coleta e recuperação de fósseis.....	119
Instrução Técnica DISEGE 01 - Orientações gerais para interpretações de dados aerogeofísicos (gamaespectrometria e magnetometria).....	131
Instrução Técnica DISEGE 02 - Nomenclatura de encartes geofísicos em mapas.....	143

# DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA

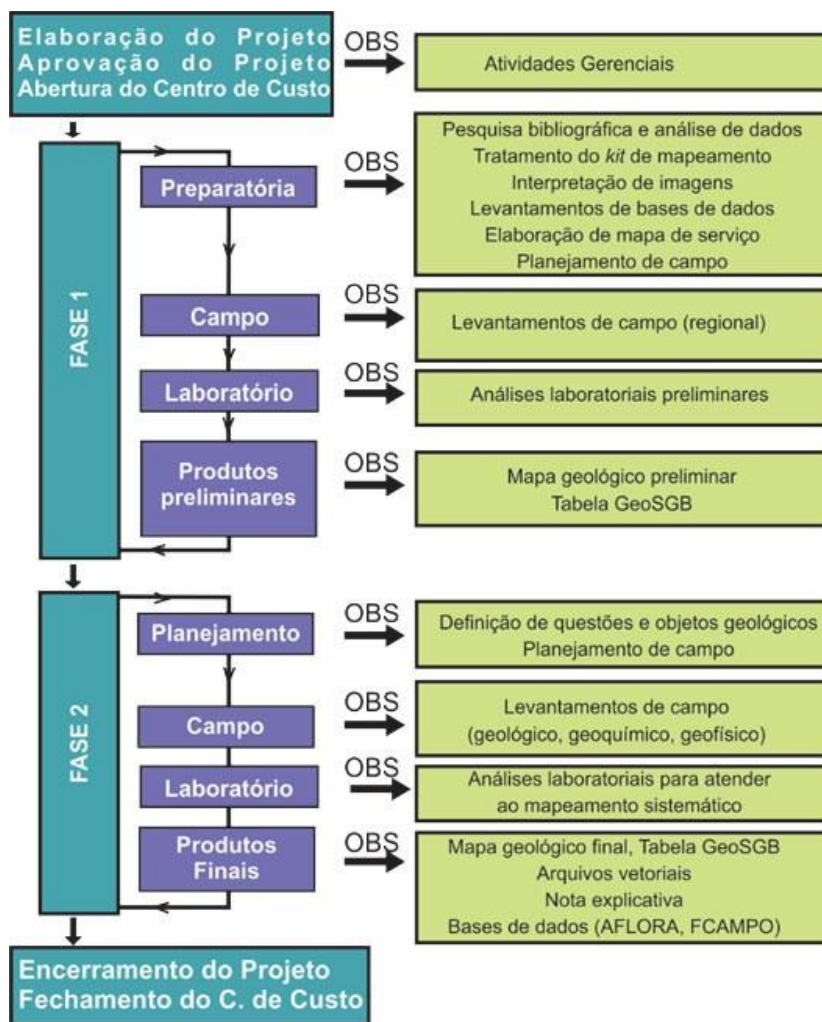
## INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 01 – 01.07.2020

### Projetos de mapeamento geológico

## 1 – INTRODUÇÃO

O presente documento constitui o Guia de Procedimentos Técnicos para definição de projetos de mapeamento geológico da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais-DGM, cujas recomendações representam uma atualização da versão publicada em 2000, elaborada pelo Departamento de Geologia-DEGEO, em função da necessidade de adaptações devido a alterações de sistemáticas em anos mais recentes.

Seguindo a sistemática atualmente adotada pela DGM, um projeto é proposto através da elaboração de um anteprojeto, que é avaliado pelo corpo gerencial e Diretoria/Departamentos. Caso aprovado, o mesmo é considerado oficialmente iniciado quando da abertura do Centro de Custo, sendo estas atividades referidas como gerenciais (Figura 1).



**Figura 1** – Fluxograma de implantação e desenvolvimento de projeto padrão de mapeamento geológico da DGM.

Os limites de áreas de projetos propostos devem, preferencialmente, obedecer limites de folhas cartográficas, compreender folhas contíguas, tendo como prioridade regiões com ambientes geológicos favoráveis à mineralizações e/ou áreas com conhecimento geológico imaturo.

A sistemática dos projetos de mapeamento prevê a divulgação de mapas geológicos preliminares ao final

do primeiro ano de execução, contemplando dados factuais de campo e primeiros resultados analíticos, como análises petrográficas. O mapa geológico preliminar poderá ser disponibilizado em formato PDF no GeoSGB, sendo posteriormente substituído pelo mapa geológico final. Ao longo do desenvolvimento do projeto, outros produtos poderão ser solicitados a cada ano, a critério da DGM.

O segundo ano do projeto compreenderá o detalhamento do mapeamento, incluindo a obtenção de novos dados de campo, realização de análises laboratoriais e poderá envolver toda a área do projeto ou apenas uma região específica, considerando-se a sua importância geológica e o potencial metalogenético.

Para a conclusão do projeto os produtos finais essenciais de um projeto de mapeamento geológico sistemático serão os mapas geológicos, e seus arquivos vetoriais, a nota explicativa e as bases de dados AFLORA e FCAMPO. O encerramento do projeto será consolidado com o fechamento do Centro de Custo (Figura 1).

## 2 – FASES E ETAPAS DO PROJETO

Uma vez aprovado e iniciado o projeto, este será desenvolvido em duas fases, detalhadas a seguir.

### 2.1 – Fase 1

Deve ser desenvolvida ao longo do primeiro ano do projeto, inclui as etapas Preparatória, Campo e Laboratório, e culmina com a elaboração do mapa geológico preliminar.

#### 2.1.1 – Etapa Preparatória

Inicia com a aquisição e utilização do *kit* de mapeamento, interpretação de produtos de sensores remotos (fotografias aéreas, imagens de satélite e/ou aerotransportados, mapas geofísicos, etc.), elaboração do mapa geológico de serviço e planejamento das etapas de campo (geologia, mapeamento geoquímico de superfície, geofísica, etc.).

O kit de mapeamento é composto por um conjunto de produtos (Tabela 1), os quais deverão ser georreferenciados segundo o sistema *SIRGAS 2000* e ancorados à imagens *RapidEye* (para as escalas 1:10.000 e 1:25.000), *GeoCover* (principalmente para as escalas menores) e ortofotos (para escalas de detalhe).

Também é imprescindível nesta etapa o levantamento e tabulação de dados da bibliografia (artigos, relatórios de empresas, dissertações de mestrado, teses de doutorado, etc). Nestas publicações deve-se buscar a recuperação e locação de estações geológicas com resultados de análises petrográficas, químicas, geocronológicas, paleontológicas, de recursos minerais, etc.

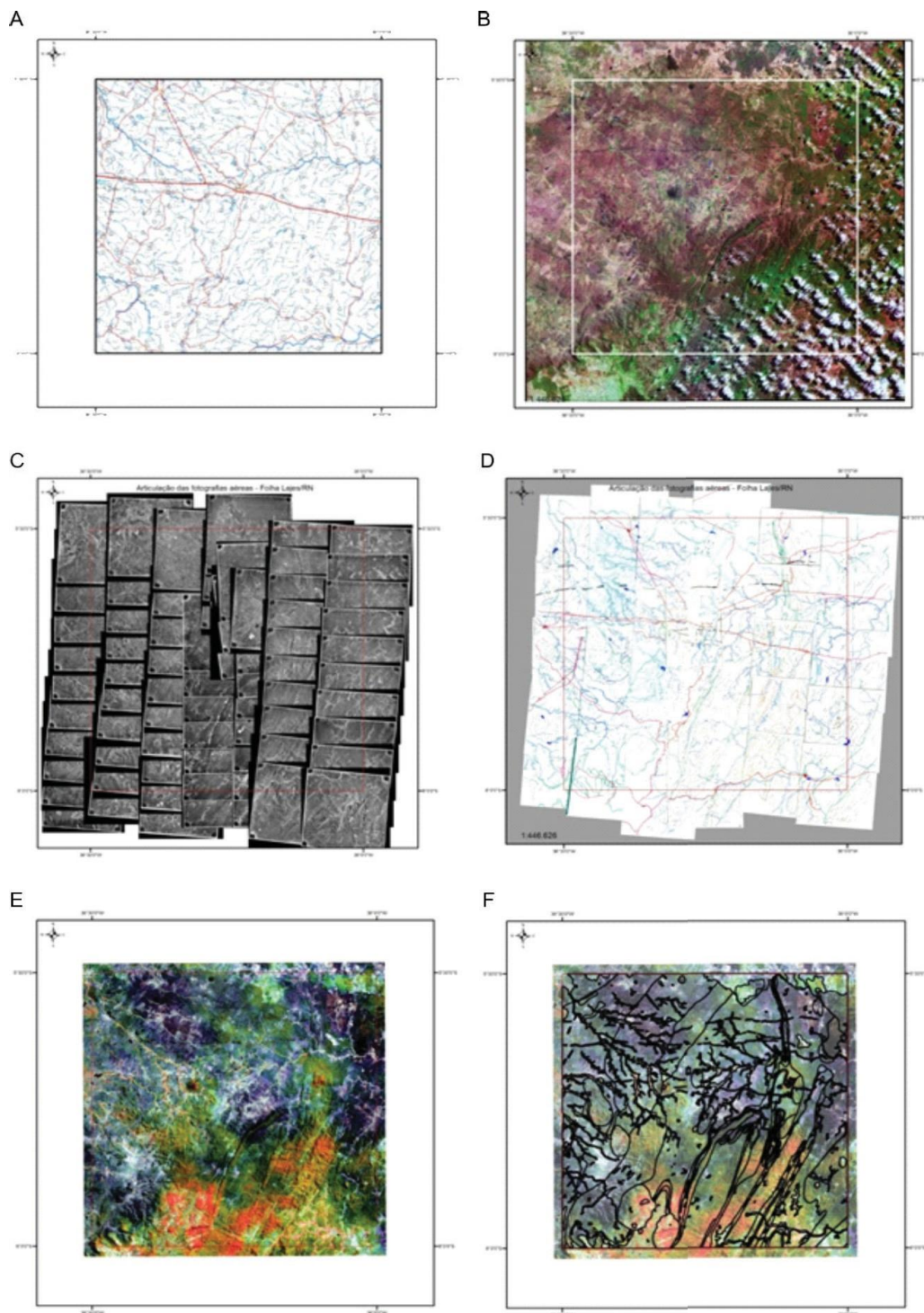
**Tabela 1** – Relação dos principais produtos que devem conter no kit de mapeamento.

PRODUTO	OBSERVAÇÃO
Base planimétrica digital vetorizada	Georeferenciada e no formato <i>ArcGis</i> *1
Imagem do mosaico <i>RapidEye</i> e/ou <i>GeoCover</i>	A ser utilizado como imagem âncora para outros produtos/temas
Base geológica pré-existente digital (vetorizada)	Recorte de mapas pré-existentis.
Fotografias aéreas	Preferencialmente em escala próxima à adotada pelo projeto
Imagens geofísicas	Georeferenciadas e no formato <i>ArcGis</i> *1
Imagens digitais de terreno (p.ex. SRTM)	Georeferenciadas e no formato <i>ArcGis</i> *1
Imagens de satélite	Georeferenciadas e no formato <i>ArcGis</i> *1
Dados de afloramentos históricos	Cadastros provenientes do <i>GeoSGB</i> e da bibliografia.
Dados de prospecção geoquímica disponíveis	Concentrados de bateia, sedimento de corrente, solo, disponíveis no <i>GeoSGB</i>
Dados de recursos minerais	Cadastros provenientes do <i>GeoSGB</i> e da bibliografia.
Dados geocronológicos	Cadastros provenientes do <i>GeoSGB</i> e da bibliografia

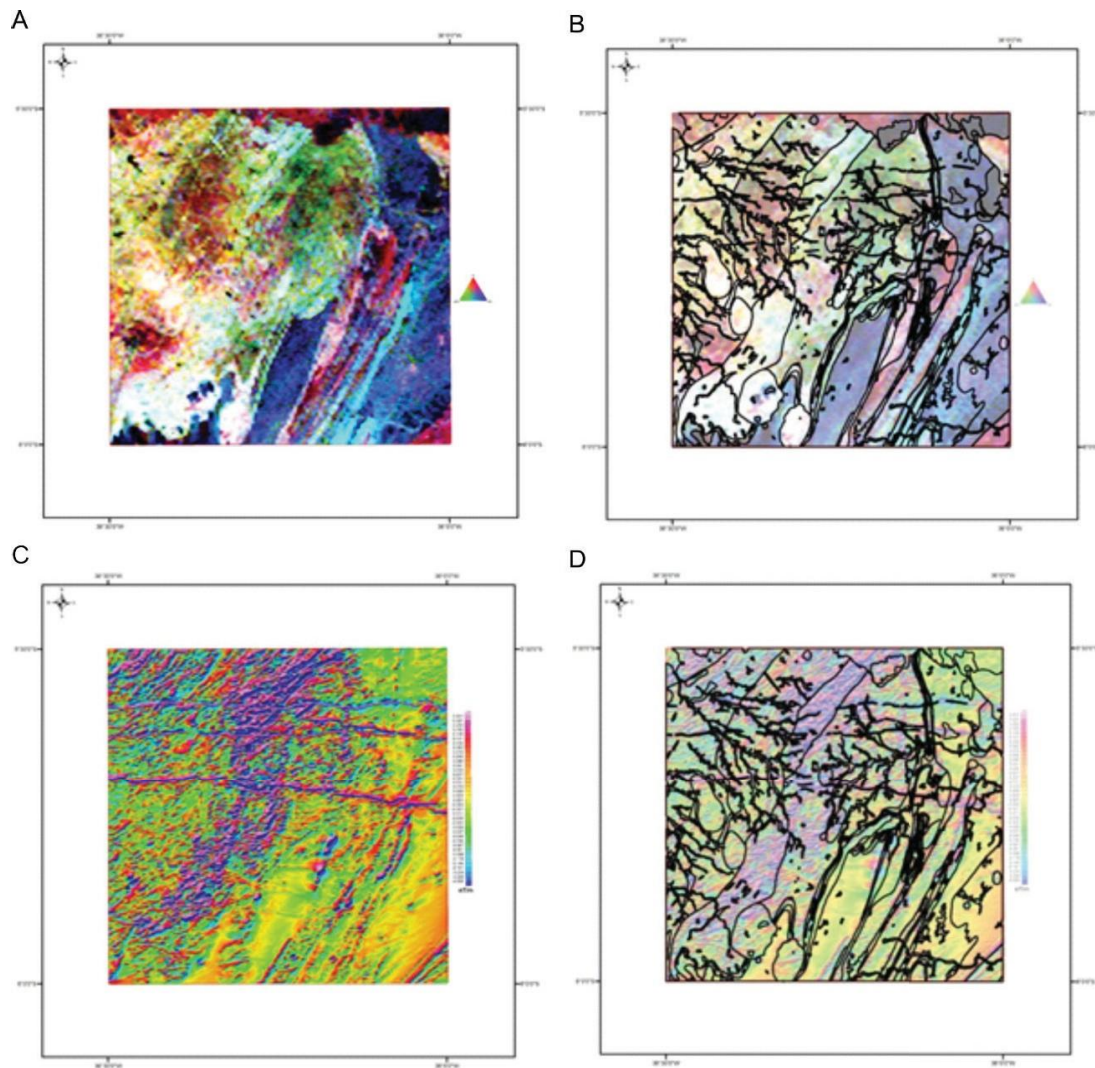
\*1 - Programa de digitalização/GIS adotado pela CPRM no período do projeto.

### 2.1.1.1 – Elaboração do mapa geológico de serviço

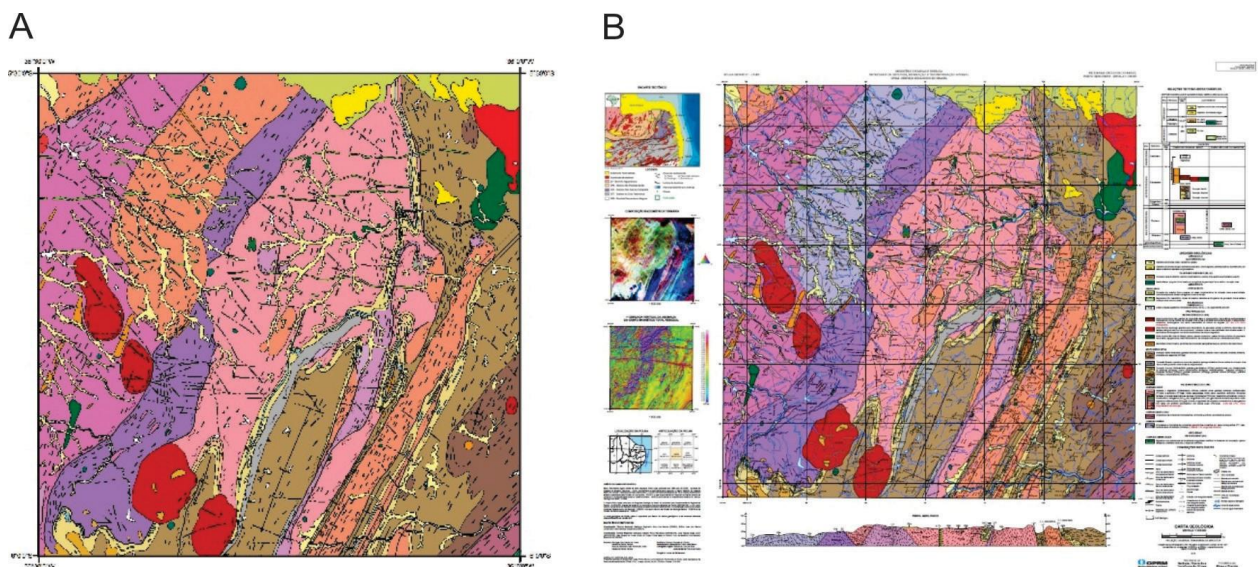
Todo o acervo de produtos e dados deverá ser tratado visando a elaboração do mapa (ou carta) geológico de serviço, obrigatoriamente, antes do início dos trabalhos de campo. Para elaboração deste produto, é fundamental a interpretação detalhada de imagens orbitais, fotografias aéreas e imagens aerogeofísicas (Figuras 2 e 3), visando o entendimento prévio dos padrões estruturais, de relevo e assinaturas geofísicas, além da análise crítica e avaliação de dados anteriores oriundos do GeoSGB ou da bibliografia, de modo que o mapa geológico de serviço represente o estado da arte do conhecimento geológico da área a ser mapeada, o qual, em geral, já exibirá padrão de cartografia geológica aproximado àquele consolidado no mapa geológico (Figura 4).



**Figura 2** – Exemplos de produtos utilizados na elaboração do mapa geológico de serviço da Folha Lajes: (A) Base cartográfica elaborada a partir da imagem GeoCover (B). (C) Mosaico de fotografias aéreas e interpretação detalhada sobre overlays (D). (E) Imagem LANDSAT 7 ETM+ R4G5B3 e exemplo da mesma interpretada (F).



**Figura 3** – Exemplos de produtos aerogeofísicos utilizados na elaboração do mapa geológico de serviço da Folha Lajes: (A) Mapa aerogamaespectrométrico de composição ternária K-eTh-eU e (C) Mapa aeromagnetométrico da primeira derivada vertical - Dz, e exemplo de interpretação destas imagens em (B) e (D), respectivamente.



**Figura 4** – Mapa geológico de serviço (A) e mapa geológico final da Folha Lajes (B).

### 2.1.1.2 – Planejamento das etapas de campo

O planejamento das etapas de campo da Fase 1 deverá ser realizado sobre o mapa geológico de serviço e englobar toda a área do projeto, definindo-se os perfis geológicos a serem executados durante os levantamentos de campo. A definição dos perfis geológicos deverá levar em conta a geologia da área e as possibilidades de acesso, devendo estes serem posicionados perpendicularmente às estruturas geológicas, de modo que seja possível a checagem em campo do maior número possível de unidades geológicas e das estruturas mestras.

O planejamento das etapas de campo para levantamentos de geoquímica prospectiva e de geofísica terrestre, ou outros que possam estar previstos, deverão ser realizados de acordo com os padrões recomendados pela instrução técnica sobre o tema executado.

Esta etapa inclui a preparação logística para os trabalhos de campo, assim como é fundamental o atendimento aos procedimentos de segurança no campo.

### 2.1.2 – Levantamentos de campo

Os trabalhos de campo desta fase têm por objetivo o levantamento geológico regional de toda a área do projeto, visando obter uma visão geral da geologia, definir os principais problemas geológicos a serem abordados, e selecionar áreas a serem detalhadas nos levantamentos subsequentes. Para esta etapa deverão ser observadas as recomendações das instruções técnicas que tratam das metodologias adotadas pela CPRM no mapeamento geológico, estratigrafia, geologia estrutural, petrografia, geoquímica de rochas e geocronologia. A Tabela 2 sintetiza as principais atividades previstas nos levantamentos de campo da Fase 1.

Caso estejam previstos levantamentos de geoquímica prospectiva e de geofísica terrestre, estes também poderão ser iniciados nesta etapa, e de acordo com os procedimentos recomendados na instrução técnica sobre o tema.

Esta etapa culmina com a definição das áreas para serem detalhadas na fase seguinte (Fase 2), considerando a importância geológica e metalogenética da região.

**Tabela 2 –** Relação das principais atividades realizadas no levantamento de campo da Fase 1.

ATIVIDADE	OBSERVAÇÃO
Mapeamento geológico preliminar de toda a área do projeto	Perfis regionais e independentes dos limites das folhas
Coleta de amostras para análises petrográficas	Coleta iniciada nesta etapa, principalmente em áreas de difícil acesso/retorno, devendo ser concluída na Fase 2 do projeto
Coleta de amostras para análises geoquímicas	
Coleta de amostras para análises geocronológicas	
Reconhecimento dos recursos minerais mais importantes	Principalmente depósitos e minas, com ênfase à observação dos controles das mineralizações
Reconhecimento geológico das anomalias geofísicas	Devem ser priorizadas as anomalias mais importantes sob ponto de vista metalogenético e/ou geológico/estrutural

### 2.1.3 – Análises laboratoriais

Deverão ser confeccionadas e descritas seções delgadas representativas de todas as unidades litológicas, no sentido de auxiliar no entendimento global das unidades litoestratigráficas, e na proposição de um quadro litoestratigráfico preliminar e coerente com a geologia da área mapeada.

O estudo petrográfico pode ser realizado por petrógrafo, que deverá receber acompanhamento do geólogo responsável pela coleta das amostras estudadas, e/ou por este último, sempre que possível. A descrição petrográfica deverá ser feita de forma factual, visando a definição da mineralogia e classificação das rochas, e de seus aspectos texturais/estruturais. Observações microscópicas de estruturas primárias, sedimentares e magmáticas, dos episódios de deformação, de fácies sedimentares e metamórficas são importantes para a definição da estratigrafia, pois os mapas geológicos gerados nesta fase serão essencialmente baseados em dados de campo e petrográficos.

Nesta etapa podem ser encaminhadas amostras para outras análises laboratoriais, como geocronológicas e litogeoquímicas, desde que haja entendimento claro da questão geológica e amostragem idealmente representativa.

### 2.1.4 – Análises laboratoriais

A integração dos dados geológicos levantados na primeira fase do projeto permitirá a elaboração do mapa geológico preliminar, contemplando os dados factuais de campo, análises petrográficas e outras informações/resultados analíticos disponíveis.

Os mapas geológicos preliminares já deverão obedecer ao modelo/layout padrão da DGM (Figura 5 e arquivo anexo). O roteiro para descrição das unidades litoestratigráficas na legenda dependerá das características da classe de rocha mapeada, mas deve obedecer, em princípio, a sequência: 1) Tipos litológicos, e quando possível composição mineralógica; 2) Granulometria e variações granulométricas; 3) Texturas e estruturas, primárias e/ou deformacionais; 4) Variações de fácies, sedimentares, ígneas e metamórficas; 5) Mineralizações associadas, quando houver; 5) Anomalias geofísicas e geoquímicas, quando houver. Mesmo que uma unidade litoestratigráfica se repita em mais de uma folha/mapa, as legendas deverão ser compatíveis com a geologia de cada uma delas, individualmente.

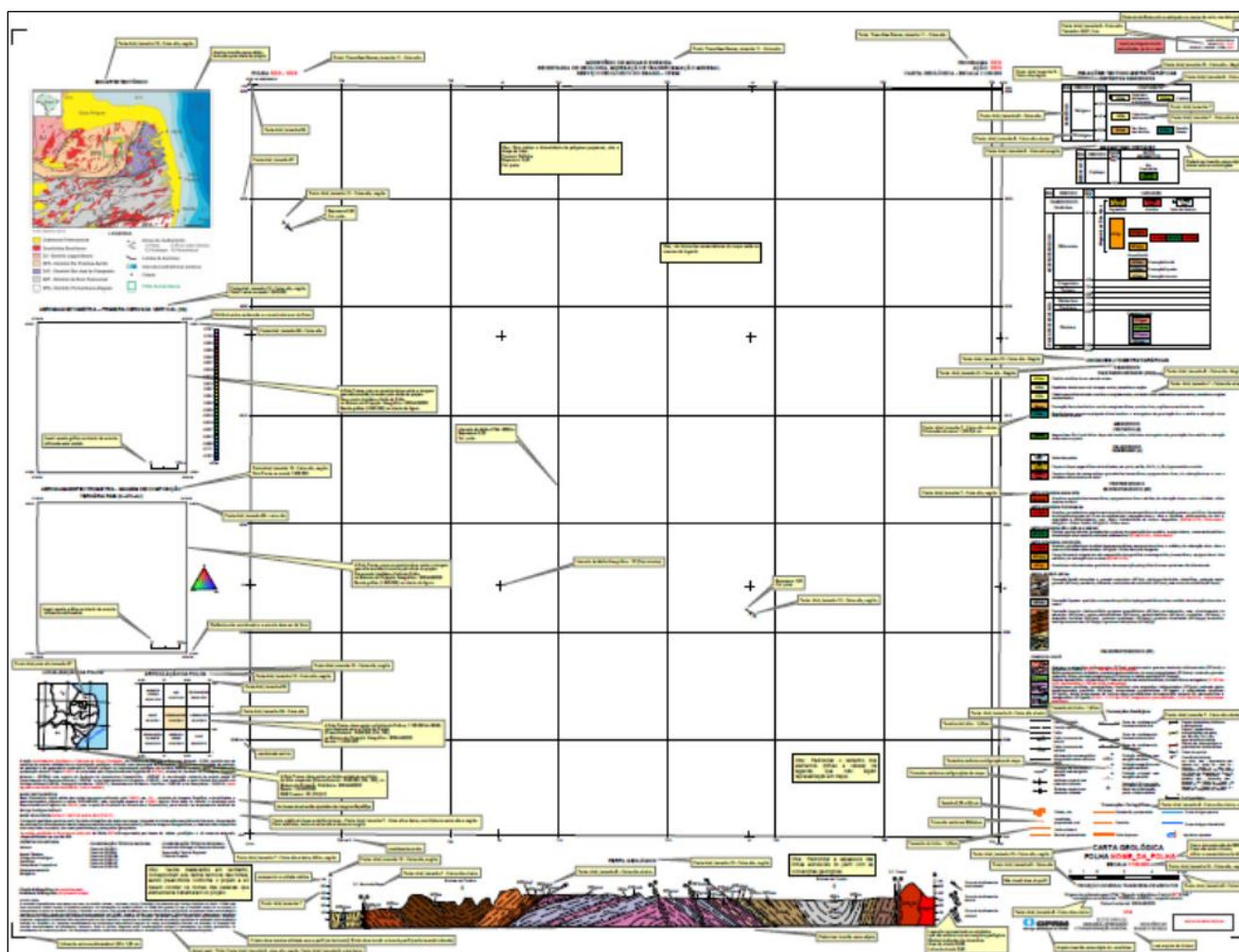


Figura 5 – Modelo/layout para carta geológica disponibilizada pela DGM em 2019.

No mapa geológico preliminar deverão ser evitados detalhes interpretativos quando não houver suporte em dados consistentes, como por exemplo definição de séries magmáticas, ambiente tectônico, modelo deposicional, etc.

Os mapas geológicos preliminares poderão ser disponibilizados em formato pdf no site corporativo da

CPRM, após aprovação final da DIGEOB e do DEGEO. Para análise do mapa preliminar pela DIGEOB, é necessária a elaboração da tabela *GeoSGB*, de acordo com modelo apresentado na instrução de referência. A Figura 6 mostra exemplo do mapa geológico preliminar da Folha Juazeirinho SB.24-Z-D-II, publicado em 2017.

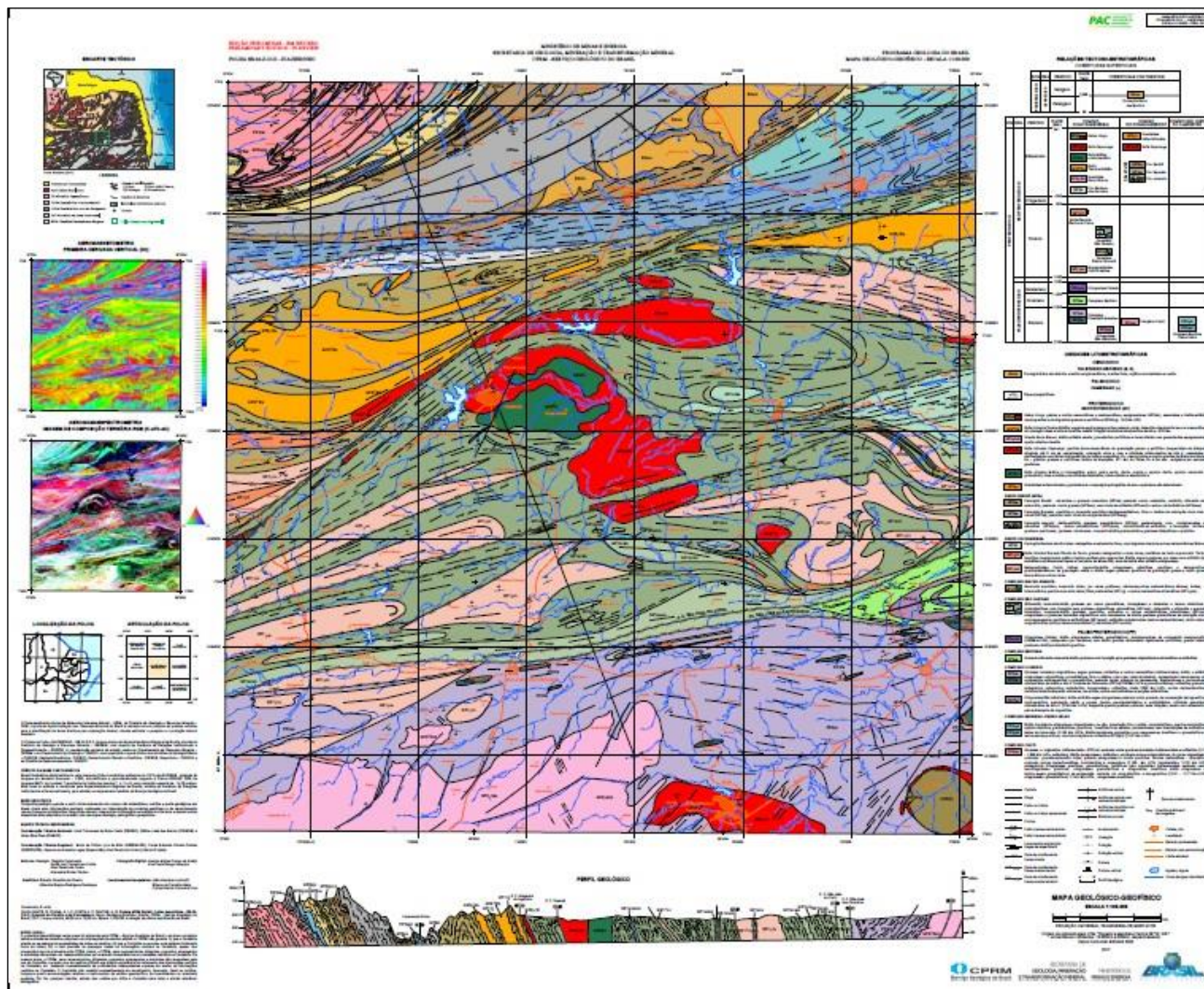


Figura 6 – Exemplo de mapa geológico preliminar disponibilizado no GeoSGB. Folha Juazeirinho SB.24-Z-D-II (escala 1:100.000).

## 2.2 – Fase 2

Em geral esta etapa inicia no segundo ano do projeto, envolve a cartografia geológica, a avaliação dos recursos minerais e do potencial mineral em função do contexto geológico, o desenvolvimento das análises laboratoriais de suporte, e a elaboração dos produtos finais.

### 2.2.1 – Planejamento das etapas de campo

Nesta etapa o planejamento das campanhas de campo visa a complementação dos levantamentos de campo e finalização do mapeamento geológico na área do projeto, agora com base no mapa geológico preliminar elaborado na primeira fase do projeto.



## 2.2.2 – Levantamentos de campo

Considerando-se que os levantamentos de campo da Fase 1 do projeto já permitiram uma visão geral da área, nesta etapa os levantamentos geológicos visam a conclusão do mapeamento geológico sistemático, compatível com a escala adotada, e preferencialmente com nível de observação homogêneo em toda a área do projeto.

Deverão ser consideradas as principais questões geológicas, com objetos geológicos bem discutidos e definidos, com coleta sistemática de amostras, visando análises laboratoriais subseqüentes. As unidades litoestratigráficas previamente delimitadas deverão ter seus estudos concluídos. Deve ser realizado o cadastro de recursos minerais e o entendimento dos controles geológicos das mineralizações conhecidas. Índícios geoquímicos e mineralométricos deverão ser checados nesta etapa, assim como anomalias geofísicas.

Recomenda-se estudar e mapear em detalhe os afloramentos mais representativos para entendimento do contexto litoestrutural da área, os quais poderão formar a base para a subdivisão litoestratigráfica, para o entendimento do arcabouço tectonoestrutural, seqüência de eventos (metamórficos, deformacionais, de sedimentação, etc), que auxiliem na interpretação comparativa e evolutiva da área. É ressaltada a importância de se elaborar ilustrações (perfis geológicos, desenhos de afloramentos, etc) que possam constituir peças integrantes do relatório final. É necessário identificar e descrever estruturas planares e lineares, primárias ou deformacionais, analisando-as do ponto de vista geométrico e cinemático, e coletar amostras orientadas para estudo das microestruturas, visando a análise estrutural da área estudada. Registro fotográfico deve ser o mais representativo possível, que possibilite inclusive discussões entre as equipes de campo, sendo também possível a gravação de audios e vídeos.

Na Tabela 3 são apresentados os quantitativos de referência para realização de mapeamento geológico sistemático em uma folha cartográfica, nas escalas de 1:250.000 a 1:50.000. Estes quantitativos são orientativos, e podem variar em função, por exemplo, da maior complexidade geológica de uma área (para mais), ou das dificuldades de coletas sistemáticas de amostras em áreas de mais difícil acesso (mapa menos). Variações sobre os quantitativos indicados devem ser discutidos com a chefia imediata, durante o desenvolvimento do projeto. Análises laboratoriais por outros métodos não indicados na tabela podem ser realizadas, desde que negociadas com a chefia e diante da viabilidade orçamentária e/ou administrativa (contratual) de execução.

**Tabela 3** - Parâmetros de referência para um projeto de cartografia geológica sistemática referente a área de uma folha nas escalas de 1:50.000 a 1:250.000.

ITEM	QUANTIDADE
Afloramentos descritos	300 a 600
Análises petrográficas	100 a 150
Análises litogeoquímicas	60 a 80
Análises isotópicas (ex. U-Pb)	03 a 06

É importante destacar que entre as etapas de campo deve ser realizada a contínua atualização do mapa geológico, a organização e tabulação dos dados de campo, e o preenchimento das bases de dados.

## 2.2.3 – Análises laboratoriais

Nesta etapa deve ser realizada a seleção criteriosa de amostras para análises laboratoriais, que contemple a caracterização das unidades litoestratigráficas e a solução de questões geológicas.

As análises petrográficas devem incluir a composição mineralógica, classificação das rochas, definição dos processos de equilíbrio mineral, seqüência de cristalização, paragêneses e fácies metamórficas, processos de alteração hidrotermal, etc. No caso de rochas que tenham sofrido mudança de textura, estrutura e/ou da mineralogia primária, é importante que haja a indicação do possível protólito.

É indispensável o estudo petrográfico das amostras selecionadas para análises litogeoquímicas e isotópicas. Estas devem ser criteriosamente selecionadas, considerando-se a representatividade, com relação a questão geológica a ser respondida, e a definição do método analítico apropriado em função da natureza da rocha.

Para estudos litogeoquímicos devem ser coletadas amostras frescas, evitando-se amostras hidrotermalizadas e alteradas intempericamente. A relação tamanho da amostra/granulometria da rocha deve ser observada, evitando-se situações como, coletar fácies cumuláticas de rochas ígneas, que não representam composições de

líquidos e, portanto, falseiam as interpretações petrogenéticas.

As solicitações de análises laboratoriais deve ser baseada nos contratos vigentes com laboratórios contratados pela CPRM. Detalhes sobre a coleta de amostras para determinações geocronológicas são apresentados na instrução técnica sobre o tema.

## 2.2.4 – Elaboração de produtos finais

Os produtos essenciais que devem ser apresentados ao final de um projeto de cartografia geológica sistemática são: 1) mapa geológico; 2) conjunto de arquivos vetoriais; 3) nota explicativa, e 4) bases de dados (AFLORA, FCAMPO, etc.). Outros produtos poderão ser acordados ao longo do desenvolvimento de um projeto, a exemplo de mapas de recursos minerais, de prospectividade, e outros temas.

Os mapas geológicos devem representar cartograficamente os dados e informações obtidas no projeto, obedecendo os modelos/layouts (Figura 5 e arquivo em anexo) e instruções técnicas definidas pela DGM. Este mapa deve ser suportado por um SIG, cujos arquivos vetoriais também deverão ser disponibilizados.

A nota explicativa constitui o relatório final do projeto, representando uma ou mais folhas que compõem a área do projeto, conforme acordado com a empresa, e sua elaboração deve seguir as orientações da instrução técnica sobre o tema.

As bases de dados também deverão ser alimentadas através dos aplicativos vigentes (AFLORA, FCAMPO, etc.) na época da inserção dos dados.

### 2.2.4.1 – Análise, revisão e publicação de produtos finais

Todos os produtos finais deverão ser avaliados e revisados nas unidades regionais, pelo corpo gerencial ou por pesquisadores locais por eles designados, antes do envio para revisão e parecer na DIGEOB. O formulário de Avaliação da Qualidade de Produtos – AQP, deverá ser encaminhado pelo GEREMI juntamente com os produtos a serem avaliados.

Além da equipe da DIGEOB, outras divisões e pesquisadores poderão ser acionados para colaborar na revisão dos produtos. Serão realizadas tantas revisões e correções quantas forem necessárias para garantir a qualidade técnica dos produtos.

Os arquivos finais de mapas, os arquivos vetoriais e as bases de dados, após a fase de revisões e correções, deverão ser enviadas pelos gerentes regionais ao DEGEO, solicitando a publicação, que será realizada pela equipe da DIGEOP (Figura 7). Correções adicionais poderão ser solicitadas pela DIGEOP antes da disponibilização dos produtos no GeoSGB.

No caso específico da nota explicativa, após aprovação do produto pela DIGEOB, esta deve ser encaminhada para diagramação e editoração, com supervisão da DIEDIG. De posse do arquivo final em PDF, cujo padrão editorial deve ser aprovado na DIMARK, este deve ser enviado ao DEGEO para publicação no GeoSGB e RIGEO.

O chefe do projeto deve verificar na intranet da CPRM os arquivos (layouts e instruções técnicas) sobre a elaboração e a diagramação de relatórios e mapas, além dos aplicativos para a alimentação das bases de dados.

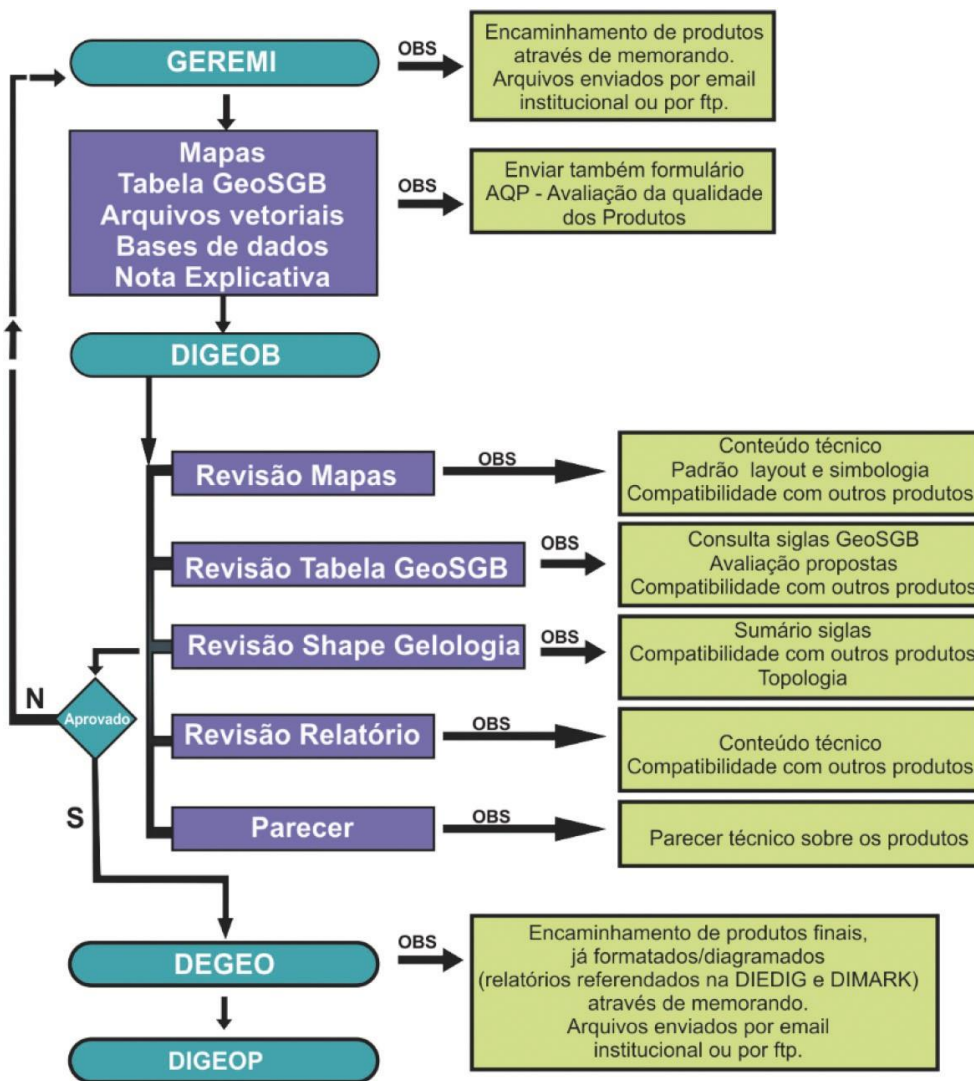


Figura 7 – Fluxograma e observações referentes ao encaminhamento, avaliação e disponibilização de produtos.

# DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA

## INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 02 – 01.07.2020

### Procedimentos em mapeamento geológico

## 1 – INTRODUÇÃO

Esta instrução técnica tem como finalidade padronizar a coleta, organização e armazenamento das observações efetuadas durante os levantamentos de campo, de modo que os dados coletados sejam de fácil manuseio e entendimento por todos os executores do projeto.

Instruções técnicas sobre numeração de estações geológicas, coleta de amostras e caderneta de campo são complementares a este documento.

## 2 – LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS EM CAMPO

Conforme referido na bibliografia e em meios técnico-científicos, são requisitos básicos para o mapeamento geológico: i) Legibilidade dos mapas de campo (geológicos, geofísicos, etc.), permitindo ampla compreensão por usuários; ii) Distinção entre os registros factuais e inferências derivadas dos mesmos fatos.

Neste contexto a informação registrada deve ser factual, baseada nas observações de atributos geológicos (mineralogia, litologias, estruturas, paleontologia, etc.), evitando-se ideias e/ou modelos pré-concebidos.

Ressalta-se que caso os métodos sugeridos a seguir não forem inteiramente adequados a uma determinada atividade, estes devem ser adaptados, mantendo-se o rigor técnico.

### 2.1 – Procedimentos básicos em mapeamento geológico e materiais/equipamentos

O procedimento básico recomendado para o mapeamento geológico sistemático é a realização de perfis contínuos, através de caminhamentos aproximadamente perpendiculares à estruturação geológica da área, com a descrição de afloramentos ao longo do caminhamento, espaçados de acordo com a escala de mapeamento adotada ou com o interesse geológico.

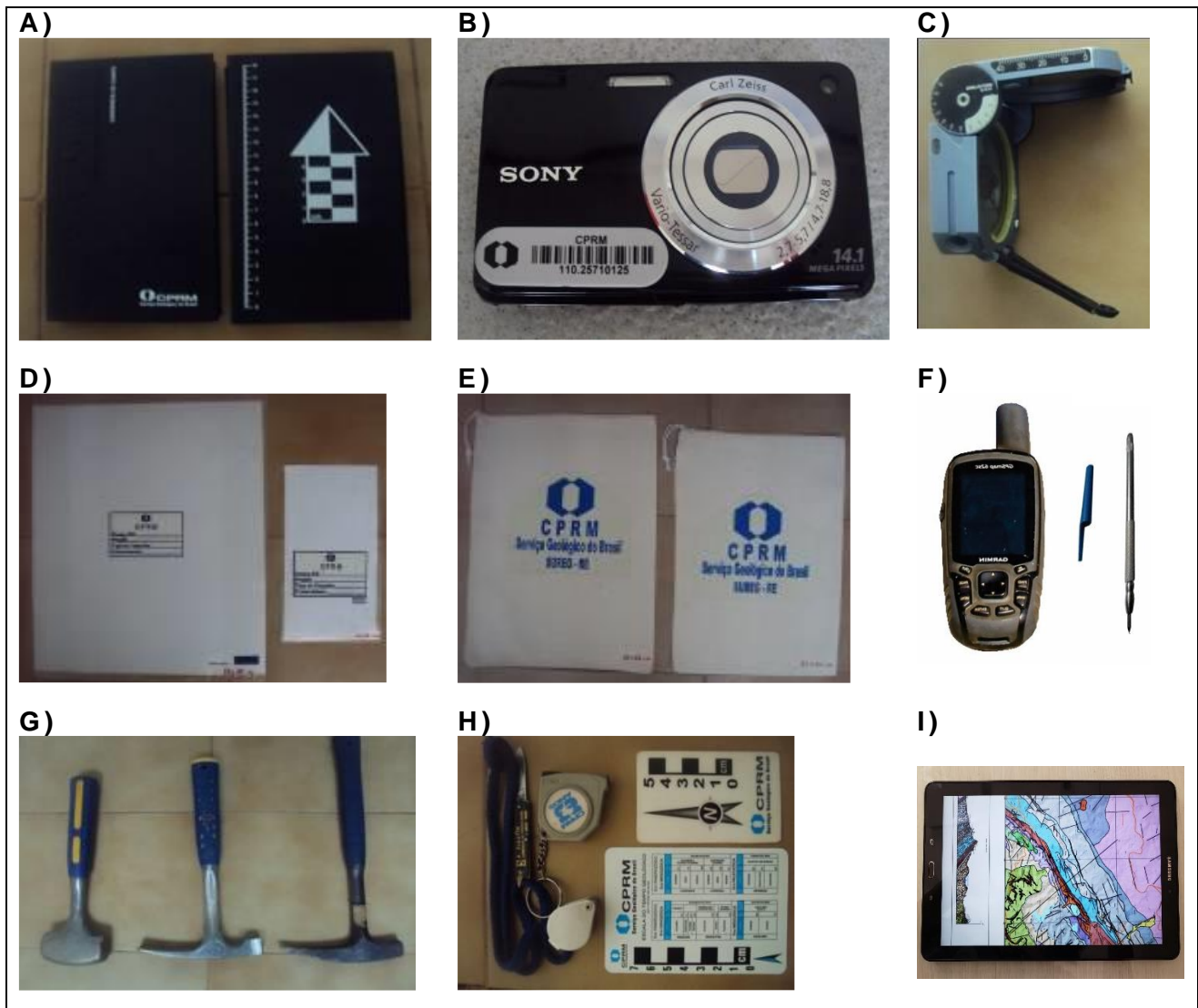
O mapeamento através da análise de exposições/afloramentos pontuais pode ser aplicado, sendo mais adequado para áreas geologicamente menos complexas.

Em ambos os métodos, é recomendado o lançamento de dados, especialmente contatos geológicos e traços estruturais, diretamente em mapas de campo, e a caderneta de campo deve ser utilizada anotação das diversas informações obtidas em campo, algumas complementares às registradas no mapa.

Embora tais técnicas impliquem aparentemente em um maior dispêndio de tempo no campo, a contínua interpretação e atualização do mapa geológico resulta em uma maior qualidade do produto final, bem como na redução no tempo necessário para sua conclusão.

Nos levantamentos de campo, diversos materiais devem ser utilizados para dar suporte à descrição de afloramentos, tais como: caderneta de campo, máquina fotográfica (atualmente também incorporadas em celulares/*smartphones*, *tablets*, etc.), bússola, GPS (Global Positioning System), martelo, *tablet*, sacos para acondicionar amostras, canivete, lupa, trena, escala para fotografia, imã, riscador de rocha (Figura 1), EPI (Equipamento de Proteção Individual), caneta, pincel atômico, corda, papel milimetrado, lápis para colorir, marreta, talhadeira, espátula, etc.

Diante da disponibilidade de equipamentos portáteis na empresa, estes devem ser utilizados no campo para aquisição de dados adicionais, como por exemplo: cintilômetro, gamaespectrômetro, susceptímetro e condutímetro, fluorescência de Raios-X, *mineralight* e mira a laser (Figura 2).



**Figura 1** – Fotografias de alguns materiais utilizados em atividade de campo. A) Caderneta de campo; ; B) Máquina fotográfica; C) Bússola; D) Saco plástico para amostra; E) Saco de pano para amostra; F) GPS e riscador de rocha com imã; G) Martelos, H) Canivete, lupa, trena e escala para fotos; I) Tablet.

## 2.2 – Métodos de caminhada geológica

O caminhada geológico constitui um método básico para acompanhar as variações geológicas através do terreno, e deve ser realizado segundo rota pré-determinada, de um ponto a outro da área.

O caminhada perpendicular ao *trend* ou à estrutura geológica da região pode ser utilizado em todas as escalas, e tem como objetivo principal identificar as variações litológicas, contatos entre unidades, relações estratigráficas, e possibilita o reconhecimento e análise das principais estruturas da área.

No mapeamento sistemático de uma área, deve ser realizado um certo número de caminhamentos, aproximadamente paralelos entre si, seccionando o *trend* estrutural, sendo este número variável em função da escala adotada, e/ou da complexidade geológica da área e/ou acessos. Em trabalhos de reconhecimento geológico, ou em mapeamento de áreas de menor complexidade geológica, os caminhamentos podem ser realizados em intervalos mais espaçados.



**Figura 2** – Equipamentos portáteis passíveis de serem utilizados nas atividades de campo. A) Cintilômetro; B) Gamaespectrômetro; C) Susceptibilímetro (amarelo) e susceptibilímetro/conduktivímetro (vermelho); D) Fluorescência de Raios-X; E) Dois modelos de *Mineralight*; F) Mira a laser.

O caminhamento paralelo ao trend deve ser utilizado em levantamentos de semi-detilhe e detalhe, e se destina a averiguações de continuidade laterais de padrões geológicos, como corpos litológicos, estruturas, grau metamórfico, etc.

Caminhamentos também podem ser usados para o mapeamento de detalhe em áreas onde as rochas estão bem expostas. Nestes casos, os caminhamentos devem ser pouco espaçados.

Perfis geológicos devem ser elaborados ao longo dos caminhamentos, assim como deve ser realizada a atualização do mapa geológico.

### 2.2.1 – Caminhamentos em estradas

Um reconhecimento rápido de uma área pode ser feito pelo mapeamento da geologia ao longo de estradas, caminhos e vicinais, sendo uma excelente maneira de se ter um conhecimento introdutório da área que se pretende mapear em detalhe.

Estradas em regiões montanhosas geralmente exibem excelentes exposições de rochas e algumas vezes quase contínuas. Nestas regiões, quando se tem estradas em encostas, em segmentos sinuosos, por vezes é possível observar exposições em vários níveis topográficos/estratigráficos.

### 2.2.2 – Caminhamentos com elaboração de seção geológica e perfil gráfico

Sempre que a sucessão geológica e/ou as relações estruturais são complexas, deve-se fazer o caminhamento cortando a estruturação regional, construindo uma seção geológica, à medida que o trabalho prossegue. A seção deve ser representada em papel quadriculado/milimetrado ou na caderneta de campo, utilizando-se como referência uma linha imaginária que seccione as unidades geológicas e suas estruturas.

Elaborar seções geológicas durante a execução do mapeamento é uma técnica que auxilia no entendimento da geologia e do arcabouço estrutural da área. A vantagem de se desenhar a seção geológica durante os levantamentos de campo é a possibilidade de se avaliar e resolver no local problemas e inconsistências geológicas. As seções geológicas serão úteis para qualquer pessoa que revise a geologia da região posteriormente, além de auxiliarem na elaboração de modelos geológicos, e dos perfis geológicos que integram o *layout* do mapa geológico.

No mapeamento de áreas sedimentares, a construção de perfis gráficos permite resumir os dados em uma informação gráfica, que possibilitam visualizar as variações litológicas, estruturas sedimentares, e sucessões verticais. Perfis gráficos podem ser utilizados para correlações e comparações entre sequências sedimentares de diversas partes de uma bacia sedimentar, bem como para correlações entre outros temas geológicos (tipos litológicos, camada guia, camada de interesse econômico, etc.)

Perfis gráficos têm como objetivo auxiliar no entendimento do empilhamento estratigráfico das diferentes camadas sedimentares mapeadas. São essenciais para caracterização de pacotes de rochas sedimentares e suas fácies, definidas pelo conjunto de feições, tais como geometria, variações granulométricas, estruturas sedimentares, e são empregadas na interpretação dos ambientes deposicionais.

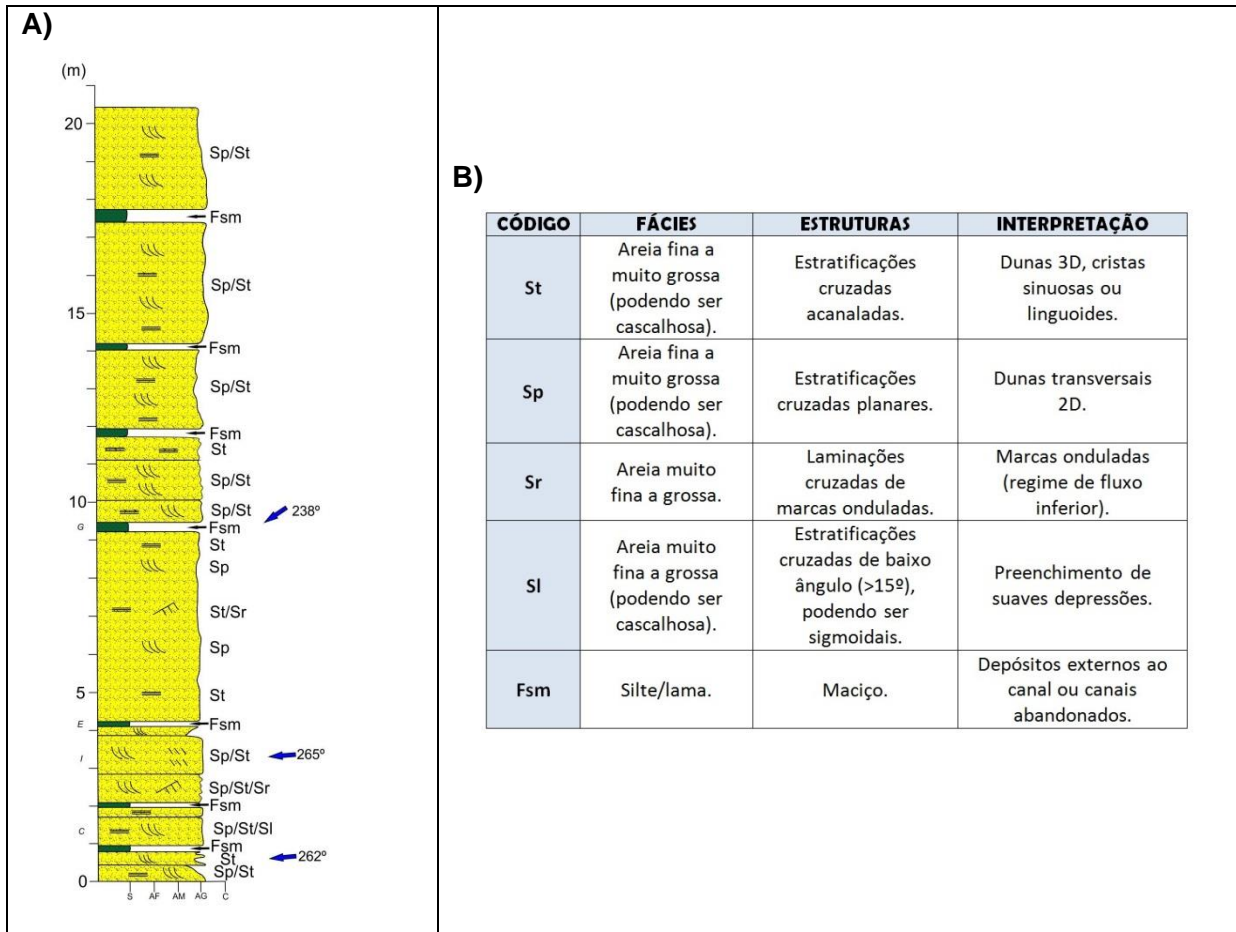
Um perfil gráfico tem início com a escolha da escala vertical adequada (geralmente varia de 1:50 a 1:500), que depende da espessura da camada a ser investigada. A construção do perfil gráfico deve considerar o empilhamento das camadas da base para o topo (Figura 3), onde a espessura das camadas no afloramento pode ser medida, por exemplo, com trena ou fita métrica, adaptando-se a medida para a escala adotada para o perfil. Para a representação gráfica das litologias e estruturas no modelo adotado (Figura 4) devem ser utilizadas as convenções da empresa.



**Figura 3** – Equipe da CPRM em atividades de treinamento na região de Mira Serra/BA, para elaboração de perfil sedimentar gráfico.







**Figura 5** – (A) Exemplo de perfil gráfico elaborado em atividade de treinamento da CPRM, em Morro do Chapéu/BA; e (B) Tabela de classificação de litofácies utilizada, segundo Miall (1978).

### 2.2.3 – Caminhamentos em rios e cristas

Rios frequentemente apresentam excelentes exposições rochosas, e em algumas situações, por exemplo em áreas com densa cobertura florestal e sem acesso rodoviário, representam a principal via para realização de perfis geológicos e mapeamento da área. Em áreas montanhosas os rios podem apresentar pequeno espaçamento, de modo que a maior parte da área pode ser mapeada pelo caminhamento ao longo dos mesmos.

Muitos trabalhos de reconhecimento são baseados em caminhamento geológico ao longo de rios. Em locais onde haja dificuldades de localização com GPS (ex. rios da Amazônia em mata fechada), a determinação da localização/posição ao longo dos rios geralmente é relativamente fácil a partir da forma e direção das curvas, posição das ilhas e outras feições. Caso o terreno adjacente for aberto, a localização pode ser facilitada a partir de visadas com a bússola para pontos distantes.

Cristas e suas projeções podem também ser excelentes locais para caminhamentos. Elas usualmente podem ser facilmente identificadas em mapas, fotografias aéreas, imagens satelitais, etc. Mesmo em floresta densa, as cristas podem ser relativamente abertas, dando oportunidade de fazer visadas para pontos distantes das mesmas. Os afloramentos usualmente são bons e ideais para caminhamentos ao longo da direção da camada, quando for o caso.

### 2.3 – Elaboração e utilização de mapas base

O mapa geológico preliminar elaborado para ser utilizado nas campanhas de campo deve conter além das feições geológicas, lato sensu, um bom detalhamento das feições cartográficas/topográficas, como estradas, caminhos, drenagens, localidades, toponímias, áreas ambientais, terras indígenas, feições planialtimétricas, etc. Imagens de satélites, geofísicas e mapas geoquímicos também devem ser levados para o trabalho de campo.

Durante os trabalhos de campo, os pontos estudados devem ser plotados no mapa base de forma manual ou

digital, mantendo-se a rigorosidade com relação ao correto posicionamento, obtido com *GPS*, com precisão compatível com a escala de trabalho dotada.

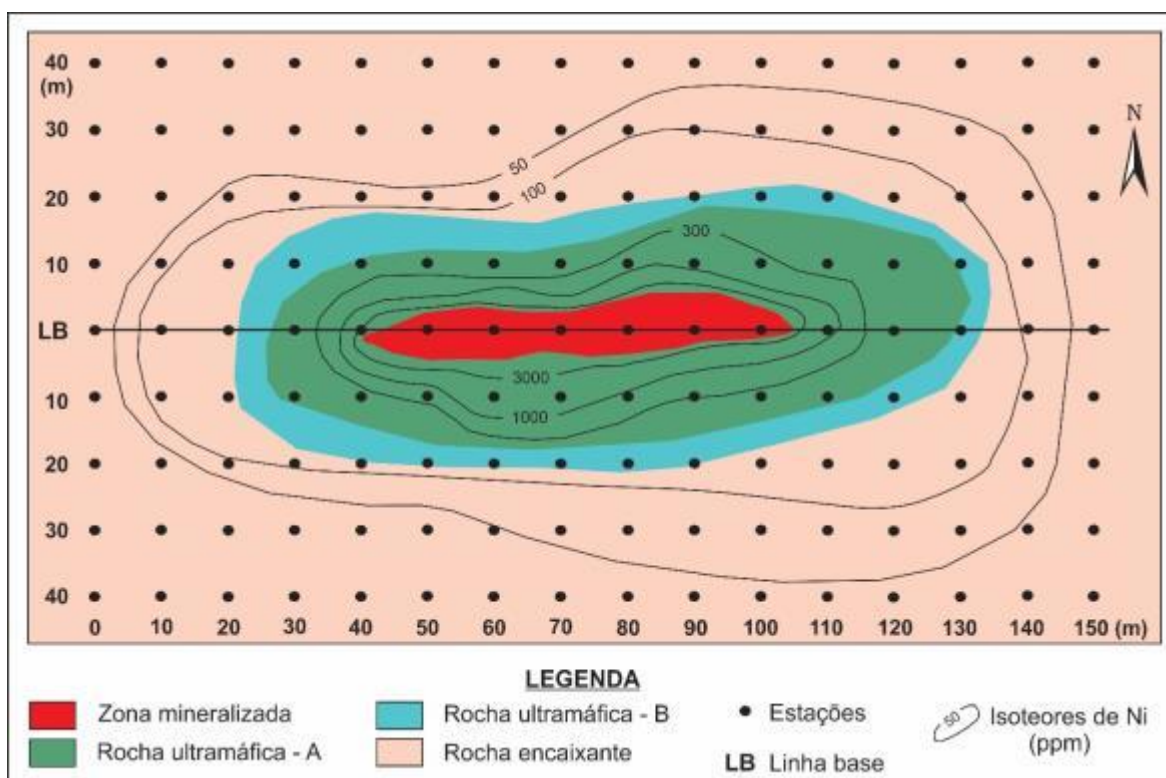
Também é fundamental que sejam plotados no mapa de campo feições geológicas registradas ao longo do caminhamento, como contatos, estruturas tectônicas, etc.

## 2.4 – Elaboração de mapas de grande escala

Durante os trabalhos de campo podem ser definidas áreas restritas ou afloramentos chave para o entendimento da geologia da região. Nestas situações deve ser realizado o mapeamento de detalhe (da área ou afloramento), que resulta na elaboração de mapas em escala maior que aquela adotada para o mapeamento.

O mapeamento de afloramentos em escala de detalhe deve ser aplicado sempre que existir a necessidade de se registrar em mapa as características do afloramento para facilitar a interpretação geológica, em geral, em função de grandes dimensões e/ou da complexidade geológica do afloramento, cujo entendimento não é possível através da descrição pontual. Esta abordagem também pode ser utilizada no entendimento/detalhamento de áreas mineralizadas.

Quando os afloramentos (ou a área) possuírem dimensões da ordem de dezenas de metros a superior, e sua superfície for aplainada, é sugerido definir uma linha base e marcar pontos (com pedra, giz, etc.) ao longo desta em intervalos fixos (ex. 10 m). Devem ser realizados caminhamentos perpendiculares originados a partir de cada ponto marcado ao longo da linha base, considerando o mesmo espaçamento do intervalo adotado nesta (ex. 10 m), gerando uma malha regular como guia de campo (semelhante a malhas de solos), facilitando a representação das feições observadas em papel milimetrado (Figura 5).



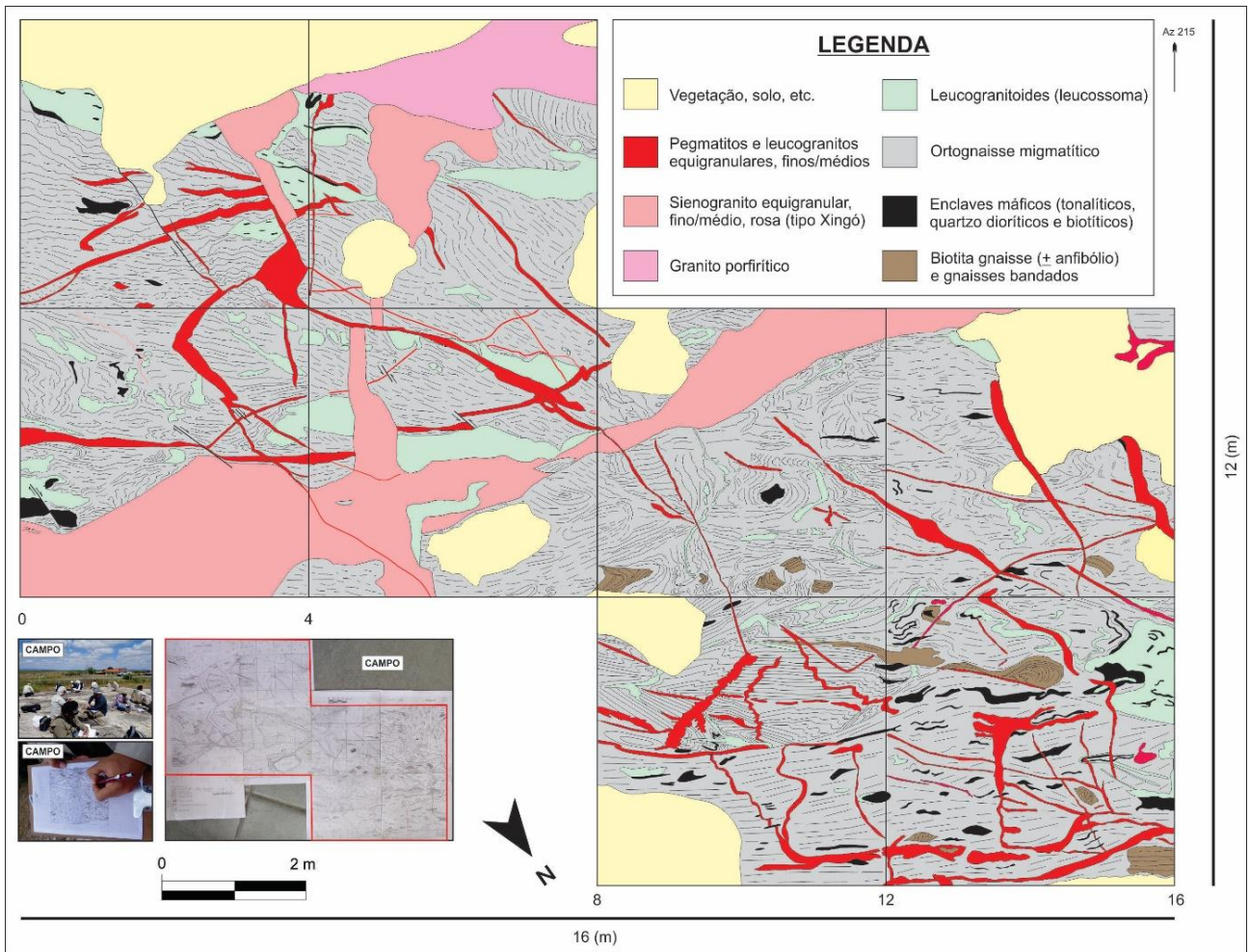
**Figura 6** – Exemplo de mapeamento de detalhe em um grande afloramento, a partir de malha, incluindo amostragem e análise para níquel (Ni).

No mapeamento de afloramentos complexos, onde uma grande quantidade de esboços é necessária, uma malha com marcação usando corda ou giz pode ser planejada, a partir da qual as feições geológicas são desenhadas

por estimativa em papel quadriculado, com auxílio de medidas de trena. Pode-se utilizar como exemplo o treinamento em mapeamento de um afloramento de migmatito, na escala 1:25, localizado no município de Poço Redondo (SE), onde foram delimitadas oito áreas de 4 x 4 metros, assinaladas no lajedo com corda e/ou giz (Figura 7A), e em áreas de maior complexidade geológica, foi demarcada uma malha com espaçamento de 1 x 1 metro (Figura 7B). Posteriormente foram adquiridas as medidas das feições geológicas importantes, e estas foram desenhadas em papel milimetrado (Figuras 7 C, D). Na sequência foram realizadas comparações e compatibilizações entre esboços geológicos de cada quadrícula (Figura 7E), para então proceder com a elaboração do desenho/mapa do afloramento (Figura 8).

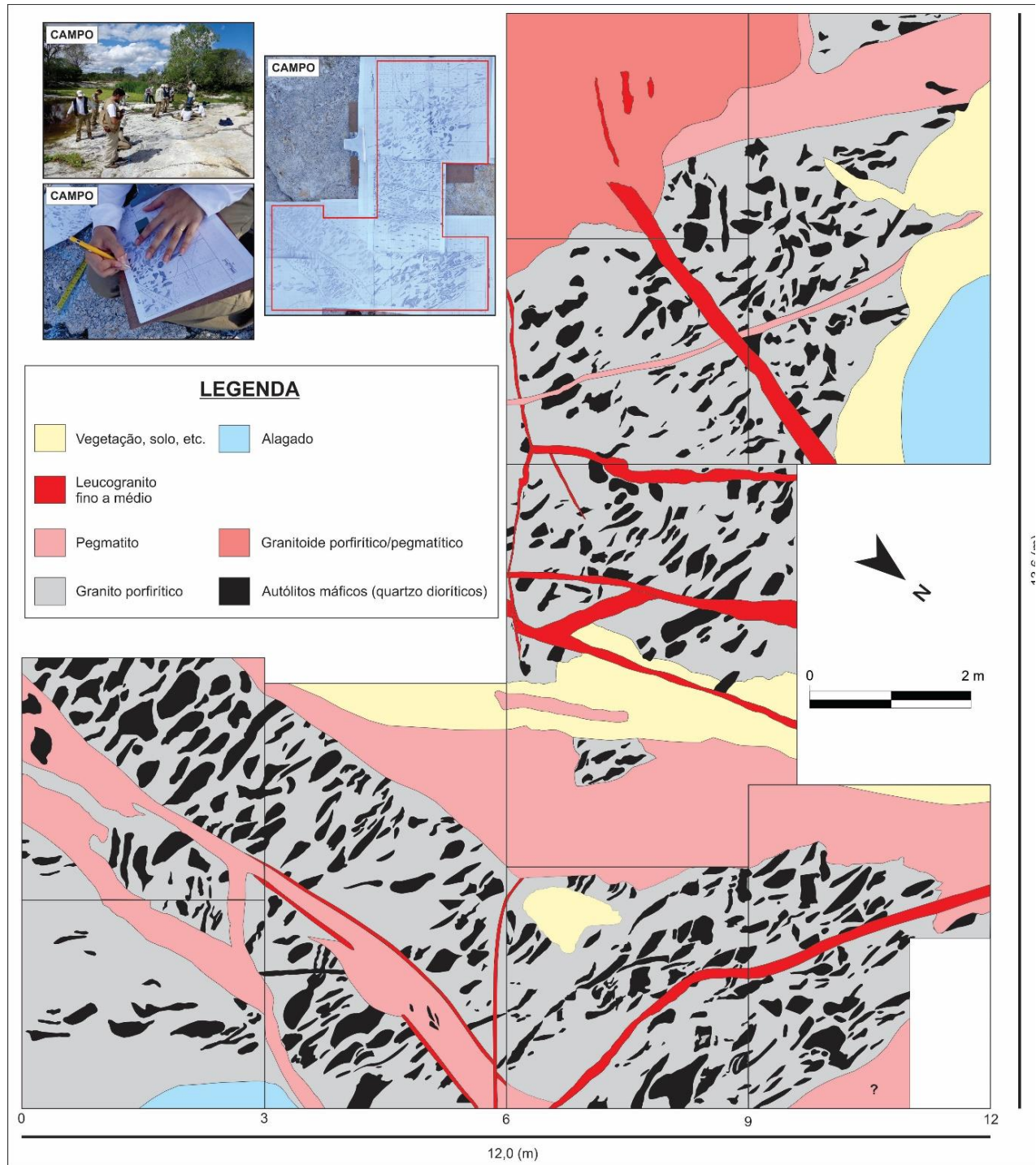


**Figura 7** - Atividade prática para mapeamento de detalhe de afloramento. Delimitação das quadrículas 4 x 4 m (A) e 1 x 1 m (B) na superfície do lajedo; (C) Medidas de feições geológicas; (D) Desenho em papel milimetrado; (E) Compatibilização entre os esboços elaborados.



**Figura 8** – Resultado final do mapeamento de detalhe na escala 1:25 de lajedo do Complexo Migmatítico de Poço Redondo.

Na Figura 9 é apresentado um outro produto de mapeamento de afloramento, este realizado na escala de 1:20, em um lajedo na região de Sítios Novos (SE).



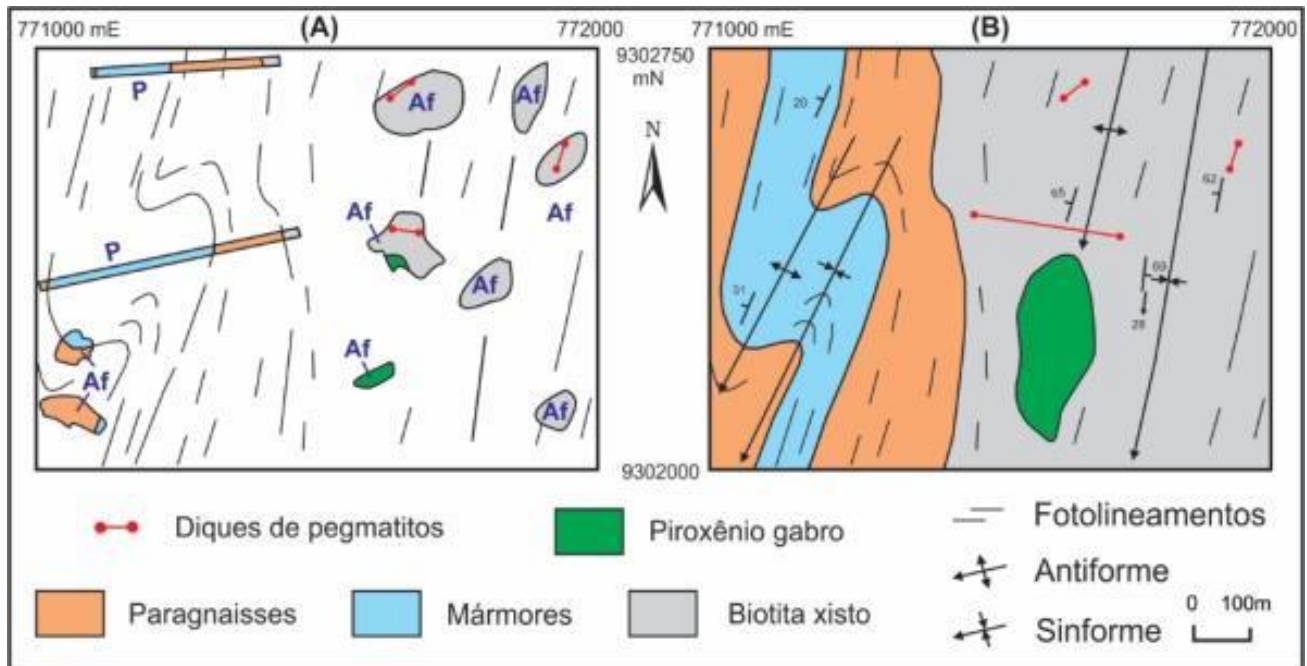
**Figura 9** – Mapa integrado das nove áreas mapeadas em escala de detalhe (1:20) em um lajedo de granito do tipo Sítios Novos, na região de Sítios Novos (SE).

Atualmente a utilização de Drones tem sido cada vez mais rotineira em auxílio a estes mapeamentos de escala de detalhe/afloramento.

#### 2.4.1 – Elaboração de mapas de grande escala com GPS ou bússola e trena

No caso de mapeamento de detalhe em situações em que as exposições rochosas não ocorrem em lajedos extensos e contínuos, mas ocorrem dispersas no terreno, não permitindo a construção de malhas regulares, e as feições geológicas devem ser mapeadas através da descrição pontual de exposições ou ao longo perfis. Nestes casos é importante o suporte de fotografias/imagens aéreas, em escala compatível, para a extração de feições adicionais,

como fotolineamentos. As feições geológicas podem representadas em um mapa base (Figura 9), posicionadas espacialmente através de *GPS*, ou através da utilização de bússola e trena.



**Figura 10** - A) Mapa preliminar com feições geológicas obtidas em caminhamento ao longo de perfis (P) e em observações pontuais de afloramentos (Af); B) Mapa geológico de detalhe, resultante de mapeamento na escala 1:10.000.

### 3 – REFERÊNCIA

MIALL, A. D. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. *In*: MIALL, A. D. (ed.). **Fluvial sedimentology**. Calgary, Canada: Canadian Society of Petroleum Geologists, 1978. p. 597-604. (Canadian Society of Petroleum Geologists. Memoir, 5).

# DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA

## INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 03 - 01.07.2020

### Caderneta de campo

## 1 – INTRODUÇÃO

A utilização de cadernetas de campo em levantamentos geológicos é fundamental, mesmo nesta época em que a tecnologia permite a utilização de outras ferramentas, a exemplo de equipamentos eletrônicos portáteis, como *tablets*. Nas cadernetas devem ser registrados todos os dados obtidos no campo, que devem ser posteriormente utilizados e analisados visando a elaboração de produtos, como mapas e relatórios. Em algumas situações a caderneta de campo pode conter informações que não mais estarão acessíveis em levantamentos de campo posteriores, em virtude por exemplo, da presença de áreas alagadas, da expansão de áreas urbanas, de poços, trincheiras e galerias soterradas, fosséis retirados, etc., podendo a caderneta de campo ser o local dos últimos registros obtidos nos pontos descritos.

As cadernetas de campo devem registrar dados de forma organizada e clara, de modo que seja possível o entendimento dos registros não apenas pelo técnico responsável pelo preenchimento, mas por qualquer outro usuário da empresa. Deve-se sempre considerar como única a oportunidade de descrição de um afloramento.

A caderneta de campo deve ser entendida como um documento da empresa, e não como um bem pessoal do técnico responsável pelo preenchimento.

## 2 – INFORMAÇÕES INICIAIS

A versão atual da caderneta de campo apresenta na capa rígida frontal informações e logomarca da CPRM impressas e outras em alto relevo, e na contracapa estão impressos uma escala centimétrica e o símbolo do Norte, estes utilizados para medição, escala e indicação da direção do norte geográfico em fotografias/imagens obtidas (Figura 1).

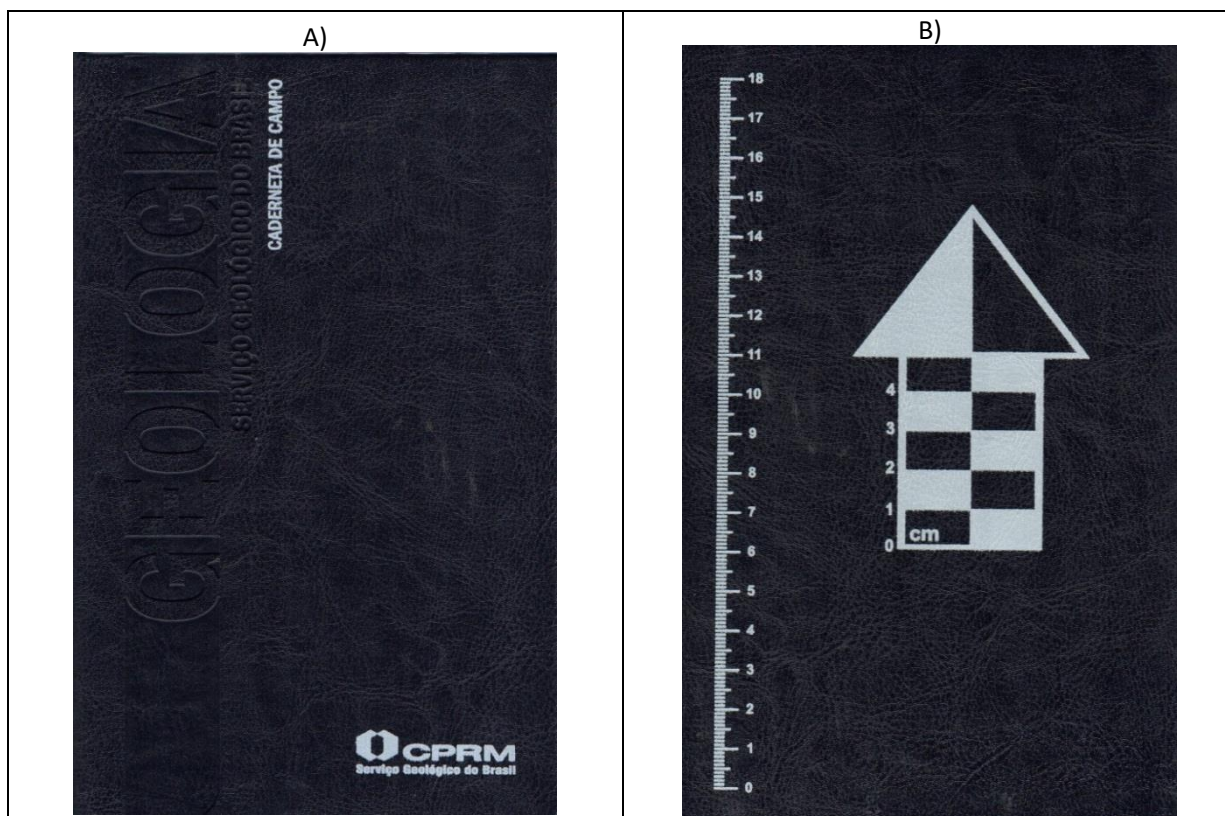


Figura 1 – Capa rígida frontal (A) e posterior (B) da caderneta de campo utilizada em levantamentos geológicos.

Na primeira página deve ser inserido o nome da unidade regional da CPRM, endereço, nome e sigla do geólogo, nome do projeto e seu centro de custo, além do ano de preenchimento das informações. Deve-se também gerar um índice com a relação das viagens, perfis realizados, etc., contidas na caderneta (Figura 2). A partir da segunda página, as mesmas são quadriculadas e nestas devem ser feitas todas as anotações textuais e ilustrações.

The figure is divided into two parts, A and B. Part A shows a form for the initial identification page. It includes the CPRM logo and the text 'Serviço Geológico do Brasil'. Below this, there are fields for 'SUREG - RE' (SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL), 'Av. Sul, 2291, Bairro Afogados, Recife-PE' (ENDEREÇO), 'Saulo Ferreira de Oliveira - SF' (GEÓLOGO), 'Geologia e Recursos Minerais da Folha Santa Cruz' (PROJETO), '4060 - 350' (CENTRO DE CUSTO), and '2009 - 2010' (ANO). At the bottom, there is an 'ÍNDICE' section with three entries: '001 - 070 Perfil Currais Novos-Santa Cruz (RN) pela BR-226 (RF-001 a RF-044)', '075 - 101 Perfil Santa Cruz - Lajes Pintada (RN) (RF-043 a RF-062)', and '106 - 155 Descrição de furo de sonda (Serra Preta), relação de amostras coletadas, perfis, etc.'. Part B shows two pages of a grid notebook, with a vertical label 'CADERNETA DE CAMPO - GEÓLOGO' on the left side.

**Figura 2** – A) Exemplo de preenchimento da página inicial de identificação da caderneta; B) Páginas quadriculadas do corpo da caderneta de campo.

Nas últimas páginas da caderneta são encontradas tabelas, figuras e outras ilustrações, para orientar o pesquisador nas descrições e interpretações dos afloramentos (Anexo 1).

### 3 – ANOTAÇÕES DE CAMPO

No início de cada dia e/ou perfil a ser realizado, deve ser anotado no começo de uma página a data, equipe participante, percurso planejado, meio de deslocamento/transporte utilizado (caminhamento, carro, barco, helicóptero, etc.), hora e quilometragem do início das atividades, além das condições do acesso observadas durante as atividades.

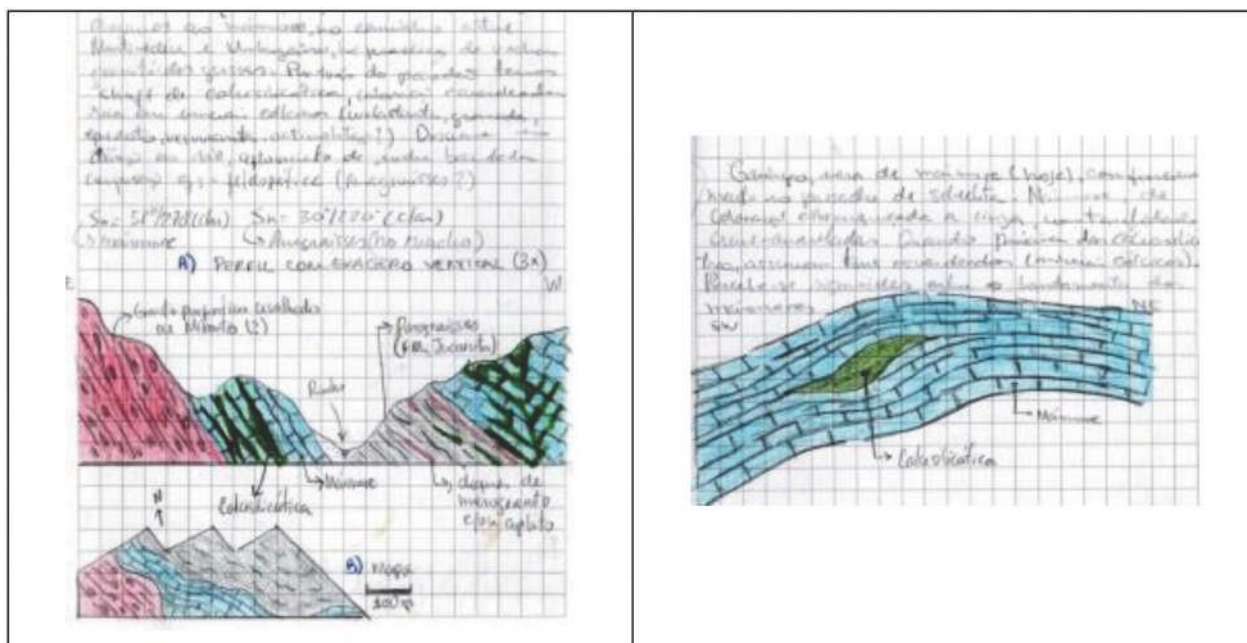
A descrição de cada ponto ou estação geológica deve iniciar sempre no topo de uma folha quadriculada, com numeração sequencial (vide instrução técnica específica sobre o tema), inserindo sua localização detalhada (estrada, quilometragem, fazenda, rio, coordenadas segundo SIRGAS 2000, altitude, etc.), acompanhada do tipo, dimensões e a orientação do ponto descrito.

O ponto deve ser descrito inicialmente a certa distância, acompanhado da elaboração de desenhos e fotografias representativas do mesmo, e a seguir devem ser feitas as observações em escala de detalhe, considerando que é necessário:



- a) Identificar, descrever e classificar as litologias presentes, grau de intemperismo das mesmas, a relações de contato entre elas, etc.;
- b) Descrever e interpretar as estruturas planares e lineares (acamadamentos sedimentares e magmáticos, contatos, foliações, juntas, falhas, zonas de cisalhamento, veios, lineações, etc.) quanto a sua geometria, relações angulares, indicadores cinemáticos e de fluxos;
- c) Efetuar as medidas/atitudes planares e lineares das feições geológicas, tais como atitudes das camadas, paleocorrentes, fraturas/juntas, falhas, veios, diques, foliações, lineações, clivagens, eixos e superfície axial de dobras, sentido de vergência de dobras, etc.;
- d) Sempre que possível, indicar a orientação dos eixos de tensão de cada evento deformacional;
- e) Em caso de rochas sedimentares, atentar para a presença (ou não) de fósseis.

As ilustrações devem representar pelo menos as feições principais ou mais representativas do ponto descrito, nas quais é necessário inserir a orientação geográfica e escala dimensional. Neste contexto é aconselhável também inserir desenhos de seções e mapeamento de detalhe de afloramentos representativos (Figura 3). Tais ilustrações devem ser enriquecidas com fotografias/imagens de campo.








**Figura 3** – Exemplos de caderneta de campo com esboços geológicos elaborados e pintados em campo.

Amostras devem ser coletadas e numeradas segundo a instrução técnica específica sobre o tema, e na caderneta deve ser indicado o local do afloramento amostrado, tipo/nome e a finalidade para qual as amostras se destinam (ex.: petrografia, geoquímica, geocronologia, análise granulométrica, etc.), ressaltando-se que é importante a coleta de amostras orientadas para estudos posteriores, especialmente para definição de critérios cinemáticos.

Os arquivos das fotografias obtidas nos afloramentos devem manter a mesma numeração do afloramento, conforme instrução técnica específica, e é ressaltada a necessidade na aquisição de escala dimensional e indicação do norte geográfico (por ex. utilizando-se a capa posterior da caderneta de campo).

A Figura 4 apresenta uma relação de itens que deverão conter na descrição dos afloramentos, que serão fundamentais no preenchimento das bases de dados do afloramento.

Sempre que possível (ao final do dia, de um perfil e/ou da etapa de campo) é importante revisar as anotações da caderneta e compará-las com aquelas dos dias/perfis anteriores, o que possibilitará registrar as principais conclusões sobre a geologia da área, ou ainda corrigir ou complementar informações, melhorar/complementar os desenhos, etc.

	<b>Localização</b>
Projeto: _____	C.C.: _____
Geólogo: _____	GPS: _____ Datum: <b>SIRGAS 2000</b>
Numero de Campo: _____	Toponímia: _____
Latitude: _____ °	Longitude: _____ ° UTM: _____ N UTM: _____ E
UF: _____	Município: _____ Data: ____/____/____/
Tipo de Afloramento: _____	Dimensão: _____
	<b>Rocha</b>
Rocha: _____	( _____ %)
Grau de Intemperismo: _____	Geometria _____ Cor da Rocha Sã: _____
Cor da Rocha Intemperizada: _____	Índice de Cor: _____ Granulação: _____
Amostra(s) Coletada(s): N° _____	Un. Estratigráfica: _____
Minerais: _____	
Complementos: _____	
<i>Estrutura, textura, metamorfismo, enclaves, alteração, selecionamento, arredondamento, marca ondulada e rocha fragmentária (natureza e fragmento/matriz).</i>	
	<b>Contato</b>
Tipo: _____	Rocha 1: _____ Rocha 2: _____
	<b>Estrutura</b>
Tipo: _____	Nome: _____ Rocha: _____
Direção (0-360°)/Mergulho (0-90°)/Sentido: _____	Rejeito Total (m): _____
	<b>Ilustração</b>
Tipo: _____	Arquivo: _____ .jpg Legenda: _____
<b>Descrição do Afloramento</b>	
_____	
_____	
_____	
_____	

**Figura 4** – Principais elementos que devem ser observados em afloramentos e registrados na caderneta de campo, essenciais para o preenchimento da base de dados do afloramento.

## 4 – REFERÊNCIAS

- ALEN, J. T. L. **Sedimentary structures: their character and physical basis**. New York: Elsevier, 1982. 663 p. (Developments in Sedimentology, v. 30 A).
- ANUÁRIO do Observatório Nacional. Rio de Janeiro: Observatório Nacional. 2012. 618 p.
- BLATT, H.; MIDDLETON, G. V.; MURRAY, R. C. **Origin of sedimentary Rocks**. 2. ed. New Jersey: Prentice-Hall, p. 634, 1980.
- COHEN, K. M.; FINNEY, S. C.; GIBBARD, P. L.; FAN, J. X. The ICS International Chronostratigraphic Chart. **Episodes**, v. 36, n. 3, p. 199-204, 2013.
- COMPTON, R. R. **Manual of field geology**. New York: John Wiley & Sons, 1962. p. 378.
- DOTT, R. H. Jr. Wacke, greywacke and matrix – what approach to immature sandstone classification? **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 34, p. 625-632, 1964.
- FISHER, R. V. Rocks composed of volcanic fragments and their classification. **Earth Science Reviews**, Amsterdam, v. 1, p. 287–298, 1966.
- FOLK, R. L. Spectral subdivision of [limestone](#) types. In: HAM, William E. (ed.). **Classification of carbonate rocks: a Symposium**. American Association of Petroleum Geologists, 1962. 62-84. (AAPG. Memoir, 1).
- FOLK, R. L. Practical petrographic classification of [limestone](#)s. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 43, p. 1-38, 1959.
- FOLK, R. L. Stages of textural maturity in sedimentary rocks. **Journal of Sedimentary Petroleum**, Tulsa, v. 21, n. 3, p. 127-30, 1951.
- FOSSEN, H. **Geologia estrutural**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 584 p.
- HYNDMAN, D. W. **Petrology of igneous and metamorphic rocks**. New York: McGraw-Hill, 1972. p. 533
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de geologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. 306 p.
- LE MAITRE, R. W.; BATEMAN, P.; DUDEK, A.; KELLER, J.; LAMEYRE, J.; LE BAS, M. J.; SABINE, P. A.; SCHMID, R.; SORENSEN, H.; STRECKEISEN, A.; WOOLLEY, A. R.; ZANETTIN, B. **A classification of igneous rocks and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks**. Oxford: Blackwell Scientific, 1989.
- LE MAITRE, R. W.; STRECKEISEN, A.; ZANETTIN, B.; LE BAS, M. J.; BONIN, B.; BATEMAN, P. **Igneous rocks: a classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- PETTIJOHN, F.J.; POTTER, P. E.; SIEVER, R. **Sand and sandstone**. New York: Springer-Verlag, 1972.
- PETTIJOHN, F.J. **Sedimentary rocks**. New York: Harper & Row, 1975. p. 628.
- PIPER, D. P.; ROGERS, P. J. **Procedure for the assessment of the conglomerate resources of Sherwood Sandstone Group**. Londres: Institute of Geological Sciences, Natural Environment Research Council, 1980. 17 p. (Mineral Assessment Report, v. 56).
- RAGAN, D. M. **Structural geology: an Introduction to geometrical techniques**. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1985. 393 p.
- RICHARD, M. J. A classification diagram for fold orientation. **Geological Magazine**, v. 108, p. 23–26, 1971.
- ROSA et al. **Manual de geologia de superfície**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1966. 125 p. (Ciência, Técnica, Petróleo. Seção exploração de petróleo, 2).
- SANTOS, R. A. **Estruturas geológicas brasileiras: análise estrutural de afloramentos**. Salvador: CBPM, 2018. 204 p.
- SCHMID, R. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments. **Geologische Rundschau**, v. 70, p. 794–799, 1981.
- SCHOLLE, P. A.; ULMER-SCHOLLE, D. S. **A color guide to the petrography of carbonate rocks: grains, textures, porosity, diagenesis**. Tulsa, Okla.: American Association of Petroleum Geologists, 2003. 434 p. (AAPG Memoir, 77).
- SIBSON, R. H. Fault rocks and fault mechanisms. **Journal of the Geological Society of London**, London, v. 133, p. 191-213, 1977.
- STRECKEISEN, A. L. Classification and nomenclature of igneous rocks. Final report of an inquiry. **Neues Jahrbuch fur**

**Mineralogie**, Abhandlungen, v. 107, p. 144-240, 1967.

STRECKEISEN, A. Classification and nomenclature of plutonic rocks: recommendations. **Neues Jahrbuch für Mineralogie**. Monat Jg. p. 149-64, 1973.

STRECKEISEN, A. L. To each plutonic rock its proper name. **Earth Sci. Rev.**, v. 12, p.1-33, 1976.

STRECKEISEN, A. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. **Neues Jahrbuch für Mineralogie**, Abhandlungen, v. 134, p. 1–14, 1978.

TERRY, R. D.; CHILINGAR, G. V. Comparison charts for visual estimation of percentage composition. **Journal Sedimentology Petrology**, v. 25, n. 3, p. 229-234, 1955.

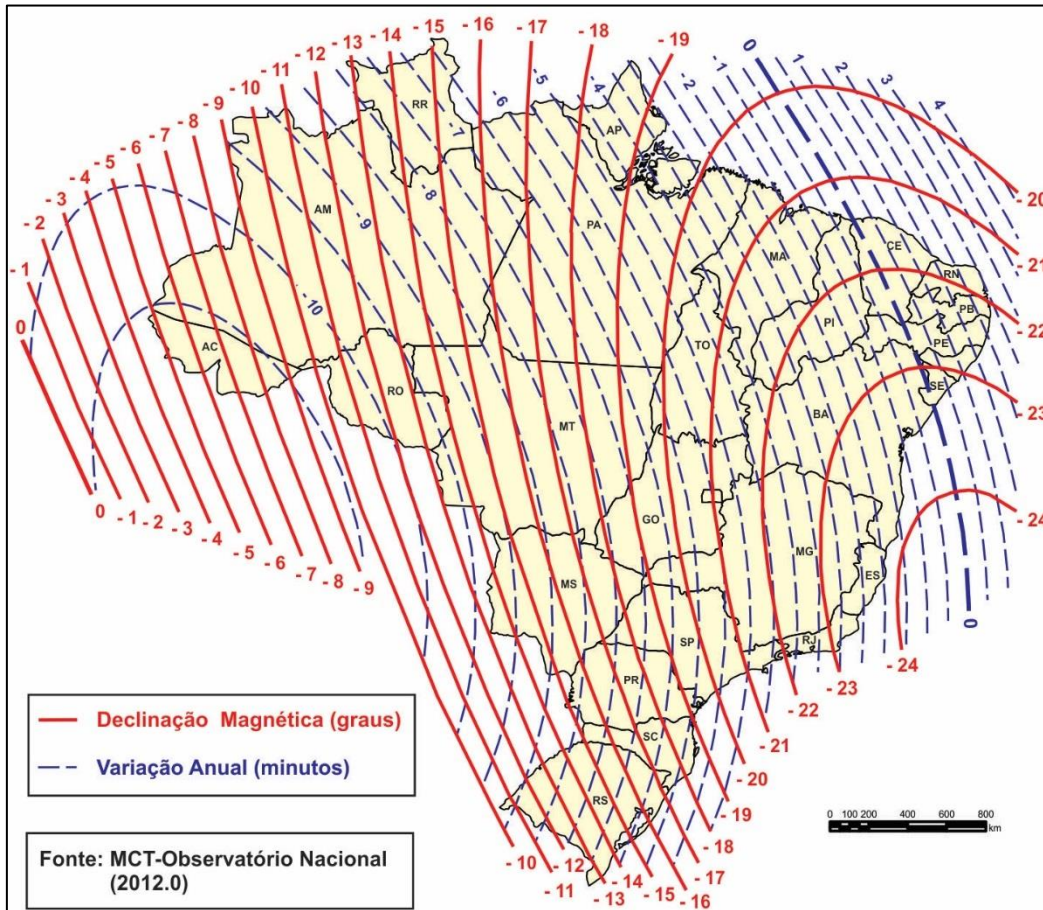
WILLIAMS, H.; TURNER, F. J.; GILBERT, C. M. **Petrography**: an introduction to the study of rocks in thin sections. San Francisco, California: W.H. Freeman, 1954. 406 p.

TUCKER, M. E. **The field description of sedimentary rocks**. New York: Wiley, 1982. 112 p. (Geological Society of London, Handbook Series, 2).

## **ANEXOS**

**(Figuras e tabelas para subsidiar descrições e interpretações de pontos estudados)**

### MAPA DE DECLINAÇÃO MAGNÉTICA DO BRASIL



CONVERSÃO DE UNIDADES

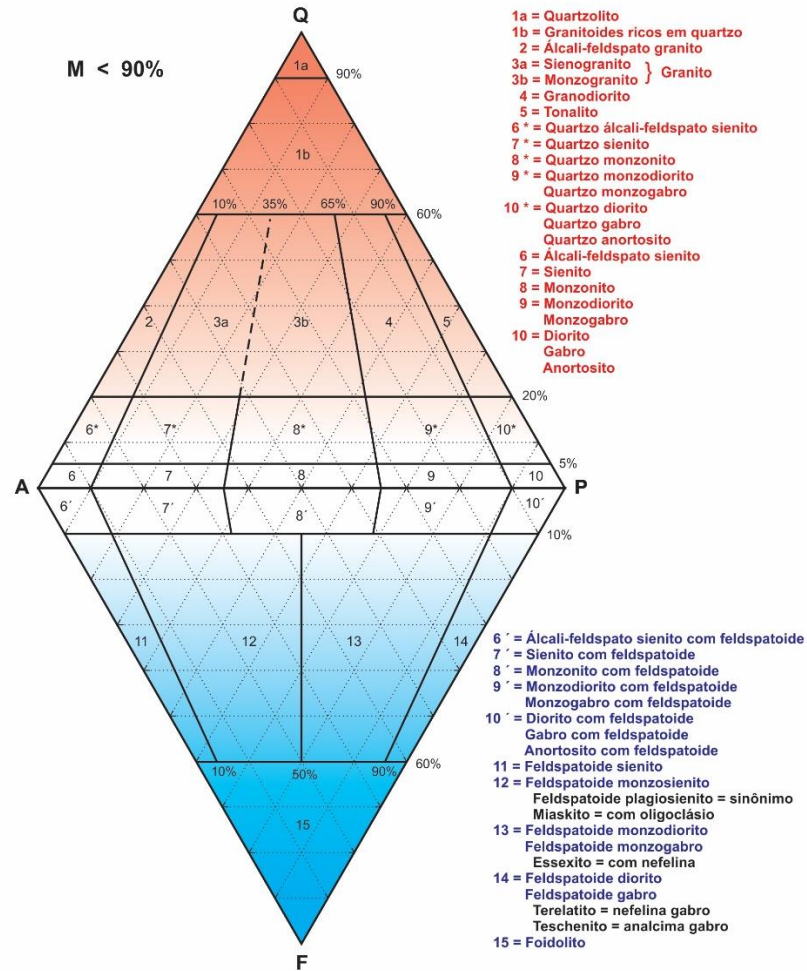
Para converter	Multiplicar por	Para obter
<b>COMPRIMENTO</b>		
Centímetro	0,393701	Polegadas
Polegadas	2,54	Centímetros
Metros	1,09361	Jardas
Jardas	0,9144	Metros
Metros	3,28084	Pés
Pés	0,3048	Metros
Quilômetros	0,621371	Milhas terrestres
Milhas terrestres	1,608	Quilômetros
Milhas náuticas	1,852	Quilômetros
<b>AREA</b>		
Centímetros quadrados	0,15500	Polegadas quadradas
Polegadas quadradas	6,4516	Centímetros quadrados
Metros quadradas	10,76	Pés quadrados
Pés quadrados	0,09229	Metros quadrados
Quilômetros quadrados	0,39	Milhas quadradas
Milhas quadradas	2,58998	Quilômetros quadrados
Acres	40,468564	Áreas
Acres	4046,8564	Metros quadrados
<b>VOLUME</b>		
Centímetros cúbicos	0,06102	Polegadas cúbicas
Polegadas cúbicas	16,387	Centímetros cúbicos
Metros cúbicos	35,3147	Pés cúbicos
Pés cúbicos	0,0283168	Metros cúbicos
Litros	0,2642	Galões
Galões	3,78	Litros
Barris	159	Litros
Litro	0,0063	Barris
<b>PRESSÃO</b>		
Atmosferas	1,011325	Bárias
Bárias	0,987	Atmosferas
Atmosferas	101,325	Pascal
Bárias	100,000	Pascal
Bárias	1,02	Kg/cm <sup>2</sup>
kg/cm	98,066,5	Pascal
psi	6,894,8	Pascal
mm/Hg	133,3	Pascal
<b>PESO E MASSA</b>		
Gramas	2205	Libras
Gramas	0,03527	Onças
Quilate	0,2	Gramas
Grama	5	Quilates
Onças	28,3495	Gramas
Gramas	0,03215	Onças troy
Onças troy	31,1034	Gramas
Libras	16,0	Onças
Libras	14,5833	Onças troy
Libras	0,45359	Quilogramas
Quilogramas	2,20462	Libras
Tonelada métrica	1000	Quilogramas
Tonelada curta (americana)	907,1847	Quilogramas
Tonelada longa (inglesa)	1016,0469	Quilogramas

PREFIXO	SÍMBOLO	Multiplicar unidade por
tera	T	10 <sup>12</sup>
giga	G	10 <sup>9</sup>
mega	M	10 <sup>6</sup>
kilo	k	10 <sup>3</sup>
hecto	h	10 <sup>2</sup>
deca	da	10
deci	da	10 <sup>-1</sup>
centi	c	10 <sup>-2</sup>
mili	m	10 <sup>-3</sup>
micro	μ	10 <sup>-6</sup>
nano	n	10 <sup>-9</sup>
pico	p	10 <sup>-12</sup>

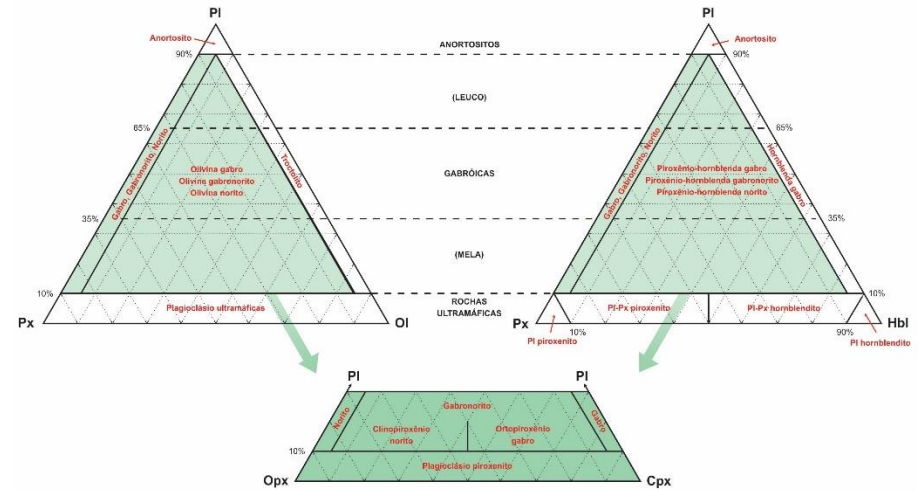
1 arroba	= 14,7 kg
1 braça	= 2,2 m
1 légua (3.000 braças)	= 6,6 km
1 alqueire paulista (5.000 braças quadradas)	= 24,200m <sup>2</sup>
1 alqueire mineiro (MG, RJ, GO) (10.000 braças quadradas)	= 48,400m <sup>2</sup>
1 alqueire do norte	= 27,224m <sup>2</sup>
1 are	= 100m <sup>2</sup>
1 acre	= 40,47 ares
1 hectare	= 10.000m <sup>2</sup>
1 quadra de sesmaria	= 50q <sup>2</sup>
1 quadra (q)	= 132 m <sup>2</sup>
1 quadra quadrada (q <sup>2</sup> )	= 17,424m <sup>2</sup>

Cortesia ADIMB

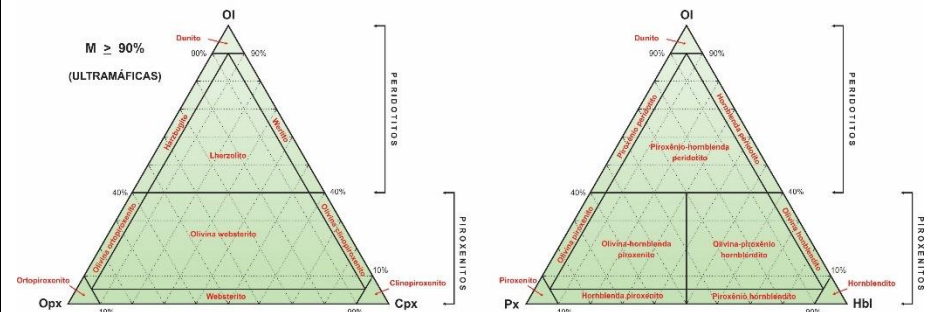
### CLASSIFICAÇÃO DE ROCHAS PLUTÔNICAS Streckeisen (1967, 1976); ...; IUGS/Le Maitre (2002)



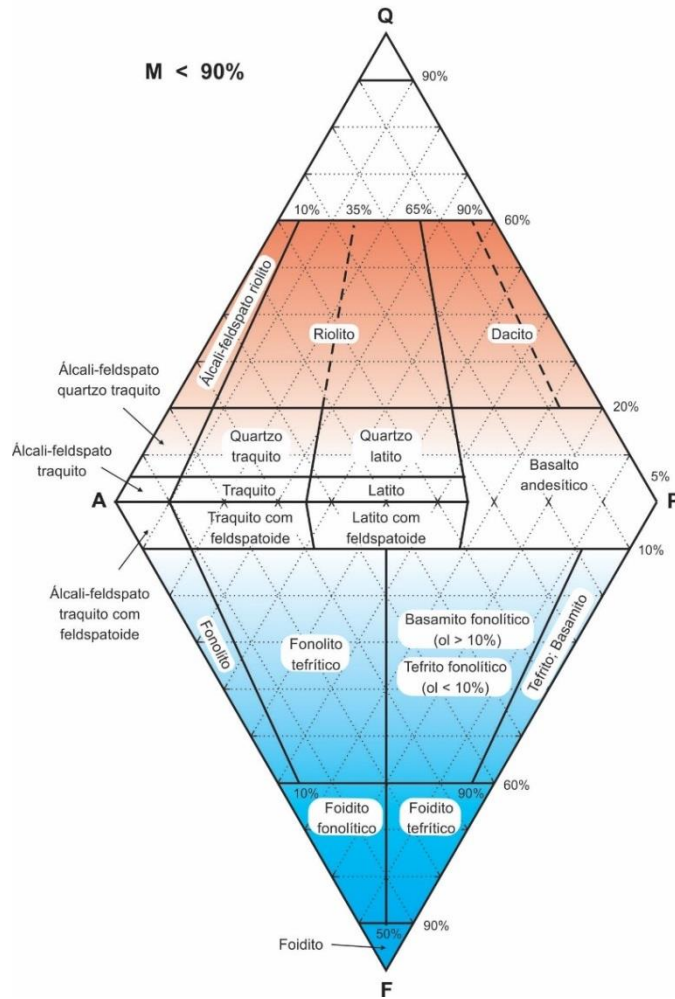
### CLASSIFICAÇÃO DE ROCHAS PLUTÔNICAS GABROICAS Streckeisen (1973); IUGS/Le Maitre (2002)



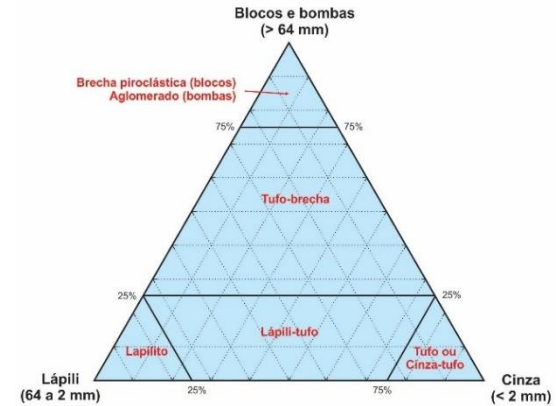
### CLASSIFICAÇÃO DE ROCHAS PLUTÔNICAS (ULTRAMÁFICAS) Streckeisen (1976); ...; IUGS/Le Maitre (2002)



**CLASSIFICAÇÃO DE ROCHAS VULCÂNICAS**  
 Streckeisen (1978); ...; IUGS/Le Maitre (2002)



**CLASSIFICAÇÃO DE ROCHAS PIROCLÁSTICAS (POLIMODAIS)**  
 Fischer (1966); IUGS/Le Maitre (2002)



**CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA DE PIROCLASTOS E DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS (UNIMODAIS)**  
 Schmid (1981); Le Maitre et al. (1989); IUGS/Le Maitre (2002)

CLASTO (mm)	PIROCLASTO	DEPÓSITO PIROCLÁSTICO	
		TEFRA (INCONSOLIDADO)	ROCHA PIROCLÁSTICA
64	Bomba	Aglomerado ou tefras de bombas	Aglomerado
	Bloco (Projétil adito)	Depósito de blocos ou tefras de blocos	Brecha piroclástica
2	Lápili	Depósito de lápili	Lapilito
1/16	Cinza grossa	Depósito de cinzas grossas	Tufo grosso
	Cinza fina	Depósito de cinzas finas	Tufo fino ou tufo a pó

**TERMOS PARA ROCHAS PIROCLÁSTICAS-EPICLÁSTICAS**  
 Schmid (1981); IUGS/Le Maitre (2002)

CLASTO (mm)	PIROCLÁSTICA	TUFITOS (PIROCLÁSTICAS + EPICLÁSTICAS)	EPICLÁSTICA (VULCÂNICA E/OU NÃO)
64	Aglomerado	Conglomerado tufáceo	Conglomerado
	Brecha piroclástica		
2	Lapilito	Brecha tufáceo	Brecha
	Tufo	Grosso	Arenito tufáceo
Fino		Siltito tufáceo	Siltito
		Lamito/argilito tufáceo	Lamito/argilito
Material Piroclást.	100% a 75 %	75% a 25 %	25% a 0 %



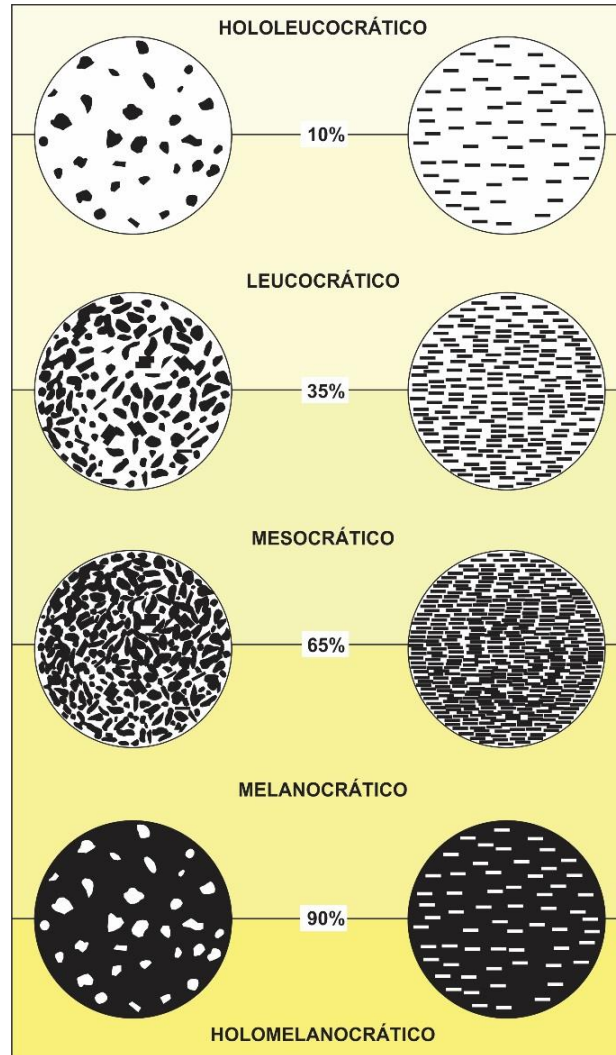
### NOMENCLATURA DE ROCHAS METAMÓRFICAS

ESTRUTURA	TEXTURA	PROPRIEDADES CARACTERÍSTICAS	MINERAIS CARACTERÍSTICOS	NOME
Foliada	Granulação fina	Brilho fosco, fratura plana, grãos muito finos, mais denso do que folhelho.	Reconhecidos apenas com microscópio ou Raios-X	Ardósia
		Brilho sedoso, fratura ondulada, grãos finos visíveis com lupa de mão.	Micas ou anfibólio	Filito
	Granulação grossa	Orientação comum de grãos individuais, finamente foliada, porfiroblastos são comuns.	Micas = abundante Quartzo = comum Feldspatos = duvidoso Anfíbilio = comum	Xisto
		Alternância de leitos ou bandas com minerais claros e escuros, foliação grossa, fraturas em bloco.	Feldspatos = abundante Quartzo = comum Micas = comum Anfíbilio = comum	Gnaisse
Não foliada	Maciça	Cristais intercrescidos, efervece com HCl diluído, risca fácil com canivete.	Calcita e/ou dolomita	Mármore
		Grãos equigranulares, aparência subvítrea, fraturas cortam os grãos e não os circundam.	Quartzo	Quartzito

### NOMENCLATURA DE ROCHAS DE FALHAS (Sibson, 1977)

		TRAMA ALEATÓRIA	TRAMA FOLIADA	% MATRIZ	
Sem coesão		Brecha de falha (fragmentos visíveis > 30 %)	?		
		Farinha de rocha (fragmentos visíveis < 30 %)	?		
Coesa	Vitrea	Pseudotaquilito	?		
		Redução tectônica de grãos domina sobre a recristalização	Brecha de moagem (fragmentos > 0,5 cm)	?	< 10%
	Brecha de moagem fina (fragmentos 0,1 a 0,5 cm)		?		
	Microbrecha de moagem (fragmentos < 0,1 cm)		?		
	Série dos cataclastos		Protocataclasito	Série dos milonitos	
		Cataclasito		Milonito	50 a 90%
		Ultracataclasito		Ultramilonito	90 a 100%
Recristalização pronunciada	?	Blastomilonito			

### ESTIMATIVA DE ÍNDICE DE COR



ÍNDICE DE COR	M' (%)
Holeucocrático	00 - 10
Leucocrático	10 - 35
Mesocrático	35 - 65
Melanocrático	65 - 90
Holomelanocrático	90 - 100

### GRANULAÇÃO DE ROCHAS ÍGNEAS E METAMÓRFICAS

Grossa	> 5 mm
Média	1 e 5 mm
Fina	0,5 e 1 mm
Muito fina	< 0,5 mm

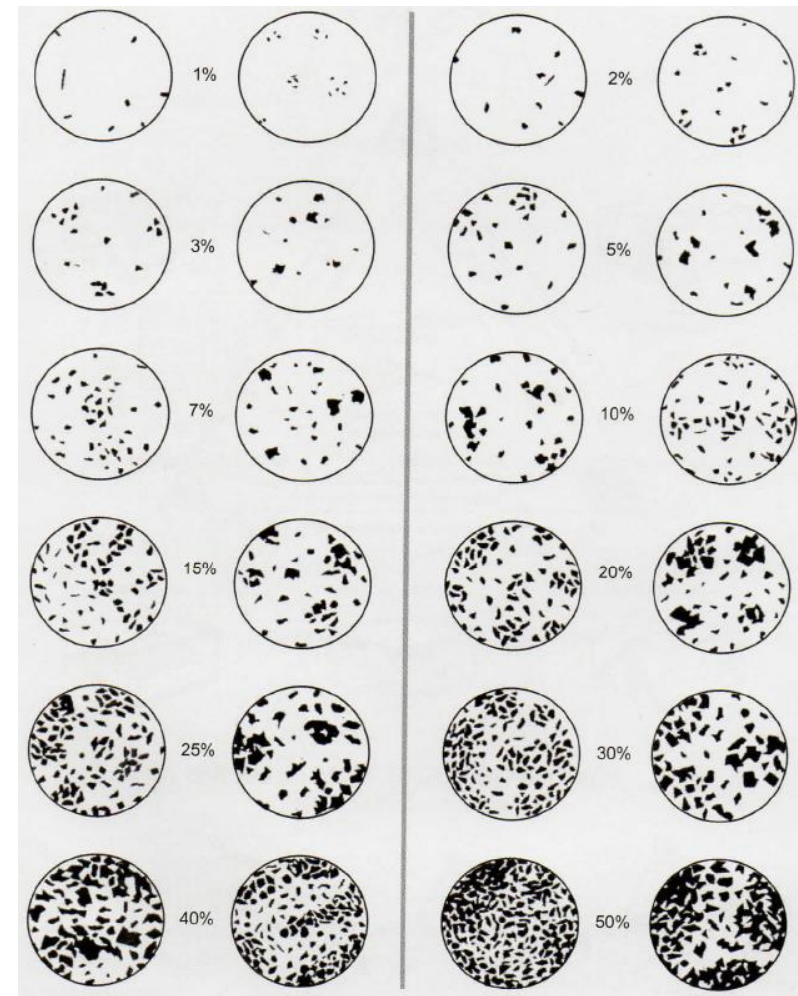
**CLASSIFICAÇÃO DE CONGLOMERADOS**  
Modificado de Pettijohn (1975)

Extraformacional	Ortoconglomerado (matriz < 15%)	Metaestáveis < 10%	Conglomerado oligomítico
		Metaestáveis < 10%	Conglomerado petromítico (clastos de um tipo de rocha)
			Conglomerado polimítico (clastos de vários tipos de rocha)
	Paraconglomerado (matriz > 15%)	Matriz laminada	Lamito ou argilito conglomerático
		Matriz não laminada	Tilito (glacial) Diamíctito
Intraformacional	Conglomerado intraformacional		

**NOMENCLATURA DA GRANULOMETRIA E DETRITOS SEDIMENTARES**

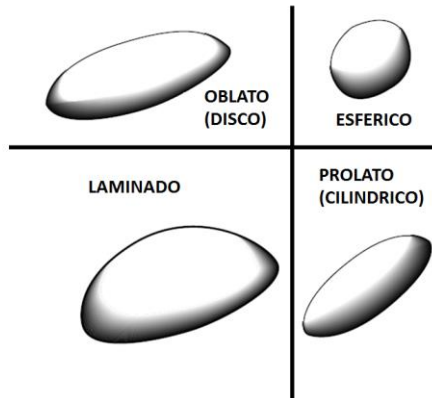
Diâmetro	Fragmento
256 mm	Matacão
64mm	Bloco
4mm	Seixo
2mm	Grânulo
0.062mm	Areia
0.004mm	Silte
	Argila

**PLANILHA PARA ESTIMATIVA DE PERCENTAGEM**  
Terry e Chilingar (1955)

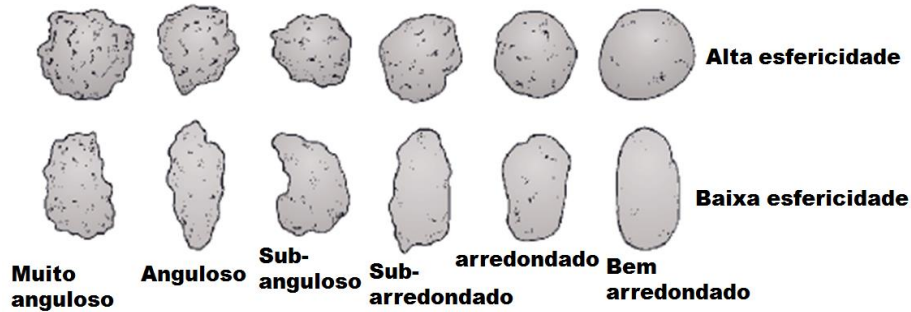


**FORMA DO GRÃO**  
Blat *et al.* (1980)

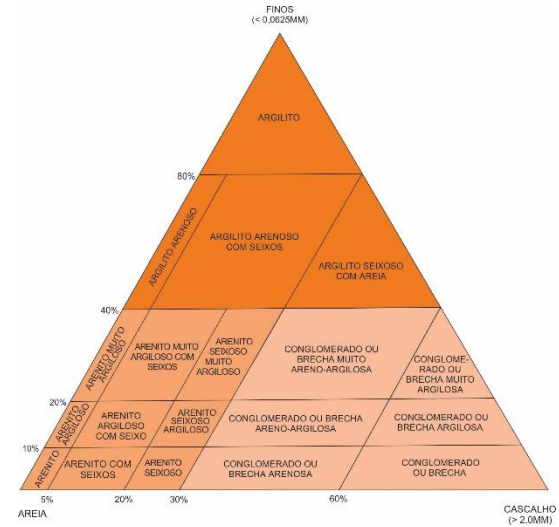
**Índice de Zingg**



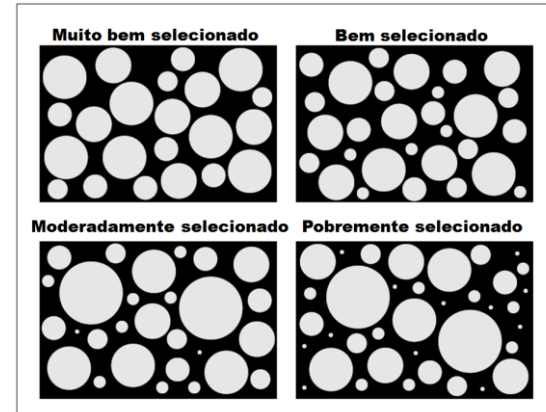
**ARREDONDAMENTO E ESFERICIDADE**  
Modificado de Compton (1962)



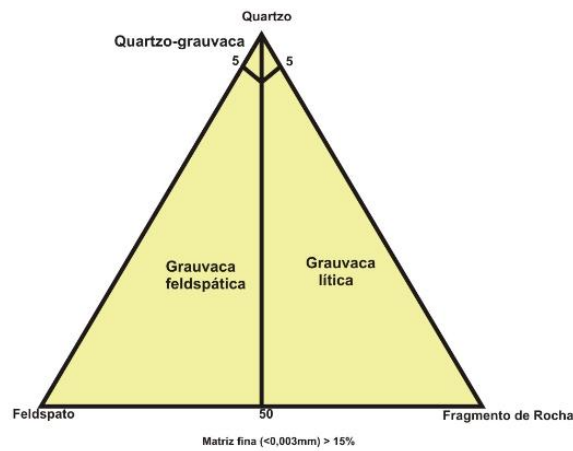
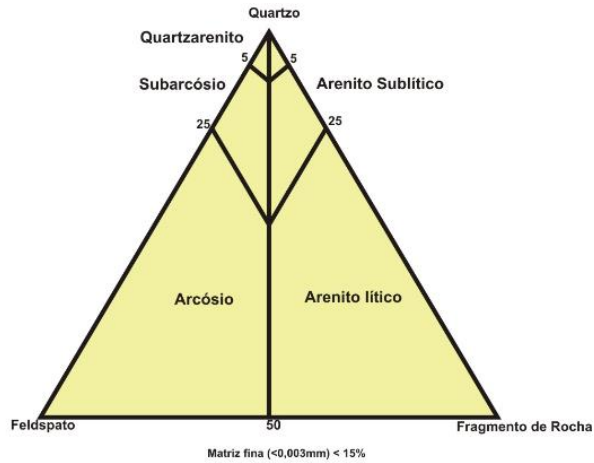
**CLASSIFICAÇÃO ROCHAS SILICICLÁSTICAS**  
Piper e Rogers (1980)



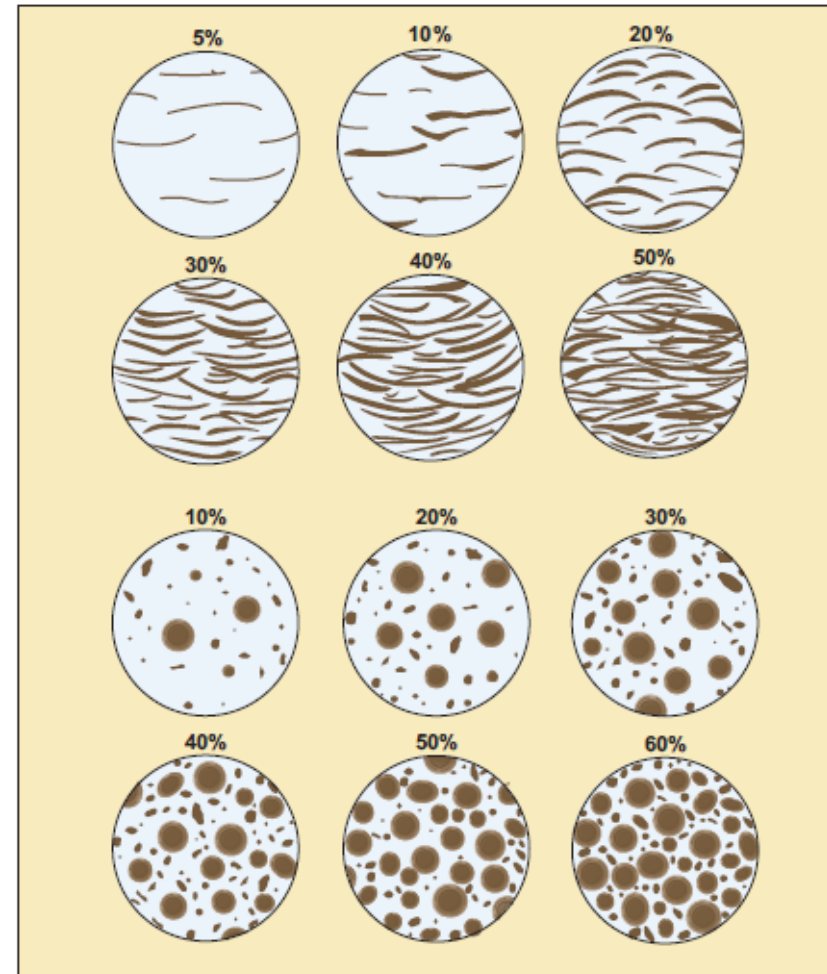
**GRAU DE SELEÇÃO**  
Pettijohn (1972)



### CLASSIFICAÇÃO DE ARENITOS Dott (1964)



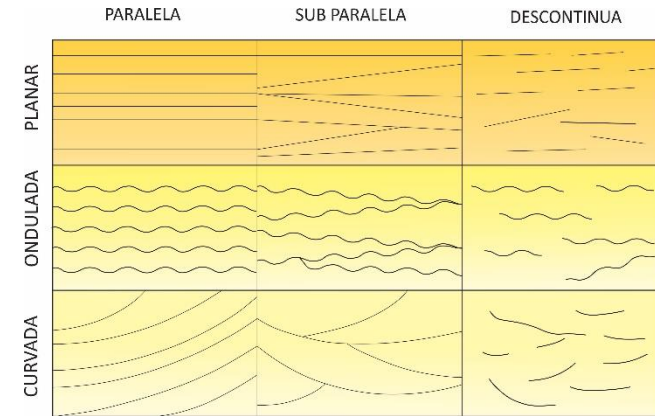
### ESTIMATIVA DE PERCENTAGEN PARA CARBONATOS Scholle e Scholle (2003)



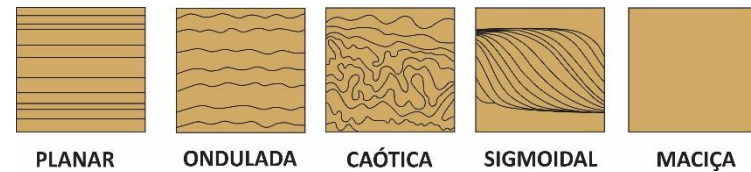
**CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DE ROCHAS CARBONÁTICAS  
Folk (1962)**

TAMANHO DE GRÃO	CONSTITUINTES TRANSPORTADOS	CONSTITUINTES AUTIGÊNICOS	TAMANHO DE GRÃO
64 mm	Calcirudito Muito Grosso	Cristalino Extremamente Grosso	4 mm
16 mm	Calcirudito Grosso		
4 mm	Calcirudito Médio		
1 mm	Calcirudito Fino	Cristalino Muito Grosso	1 mm
0.5 mm	Calcarenito Grosso	Cristalino Grosso	0.25 mm
0.25 mm	Calcarenito Médio		
0.125 mm	Calcarenito Fino	Cristalino Médio	0.062 mm
0.062 mm	Calcarenito Muito Fino		
0.031 mm	Calclutito Grosso	Cristalino Fino	0.016 mm
0.016 mm	Calclutito Médio		
0.008 mm	Calclutito Fino	Cristalino Muito Fino	0.004 mm
	Calclutito Muito Fino		

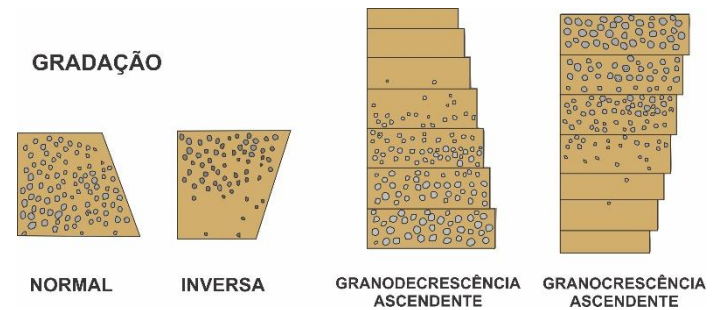
**DIFERENTES TIPOS DE ACAMAMENTOS E LAMINAÇÕES  
Tucker (1982)**



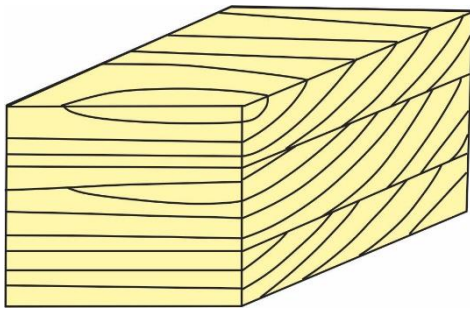
**GEOMETRIA DO ACAMAMENTO OU LAMINAÇÃO  
Tucker (1982)**



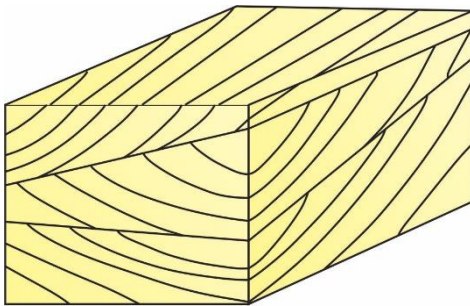
**GRADAÇÃO**



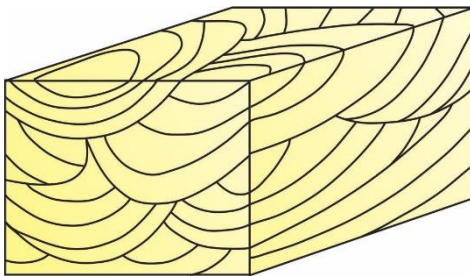
**ESTRATIFICAÇÕES CRUZADAS**  
Alen (1982)



ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA TABULAR PLANAR



ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA TANGENCIAL



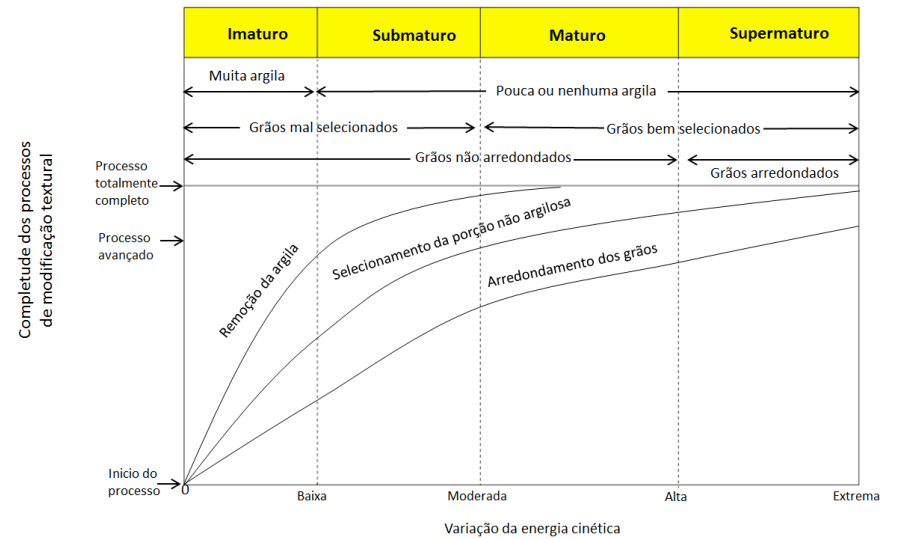
ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA ACANALADA

**CONVENÇÕES DE ESPESSURAS DE CAMADAS**  
Tucker (1982)

1 m	ACAMAMENTO MUITO ESPESSO
0.3 m	ACAMAMENTO ESPESSO
0.1 m	ACAMAMENTO MÉDIO
30 mm	ACAMAMENTO FINO
10 mm	ACAMAMENTO MUITO FINO
3 mm	LAMINAÇÃO ESPESSA
	LAMINAÇÃO FINA

**MATURIDADE TEXTURAL**  
Folk (1951)

Estágios de maturidade textural



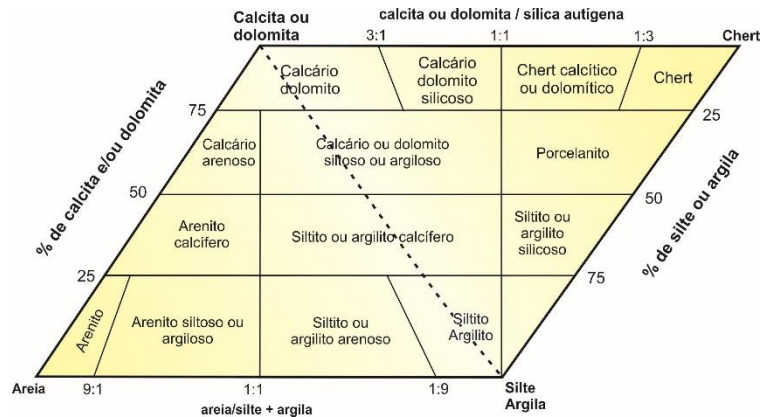
### CLASSIFICAÇÃO DE ROCHAS CARBONÁTICAS

Adaptado de Folk (1959), termos comuns de Pettijohn *et al.* (1972) entre parênteses

		Calcários, calcários parcialmente dolomitizados e dolomitos primários			Calcários não-clásticos	Dolomitos de substituição			
		% clastos (razão clastos/matriz)				Fantasmas de clastos	Sem fantasmas de clastos		
		Clastos > 10%			<10% clastos				
		Clastos - aloquímicos (allochems)			1 - 10%		< 1%		
		Razão cimento/matriz			Rochas microcristalinas				
		matriz > cimento			cimento > matriz				
Composição dos clastos	>25% intraclastos	Intrasparrudito (Conglomerados Intrasparito (calcarenito lítico)		Intramicrodrito (Intraformacionais) Intramicrito		Biohermito (kolonito)	Dolomito intraclástico		
		Oosparrudito (pisólitos) Oosparito (calcarenito oolítico)		Oomicrudito Oomicrito			Dolomito oolítico		
	< 25% oolitos	Razão fóssil/pellets	3:1	Biosparrudito (coquina)	Biomicrudito (calcário coquinóide)		Dolomito biogênico		
			3:1 a	Biosparito (biocalcarenito)	Biomicrito (calcilituto fóssilífero)				
			1:3	Pelsparito (calcarenito com pellets)	Pelmicrito (calcilituto com pellets)		Dolomito com pellets		
						Dolomitos cristalinos grossos, médios e finos			

### ROCHAS RESULTANTES DA MISTURA DE MATERIAIS SEDIMENTARES

Williams *et al.* (1954)



As frações areia, silte e argila não incluem carbonato detrítico

### REGISTRO DE OCORRÊNCIAS FOSSILÍFERAS

#### OBSERVAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FÓSSEIS

- Anotar as coordenadas do ponto da ocorrência fossilífera.
- Definir a litologia da camada e sua posição em um perfil litoestratigráfico local.
- Fotografar a ocorrência e/ou fóssil com a devida escala.
- Identificar a ocorrência segundo a simbologia abaixo:



#### DICAS PARA A COLETA DE FÓSSEIS

##### MACROFÓSSEIS

- Indicar o topo e base da amostra fossilífera.
- Embalar a amostra adequadamente, identificando a ocorrência, coletor, data de coleta além do tipo de material fossilífero quando possível.
- Lembrar de transportar amostras fósseis com cuidado, especialmente ossos e lenhos fósseis de dimensões maiores.

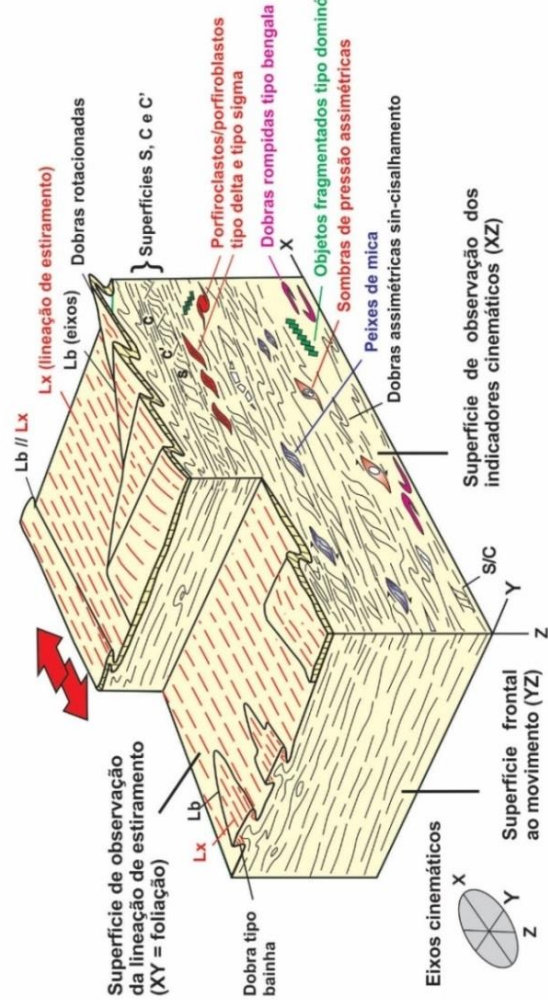
##### MICROFÓSSEIS

- Coletar amostras menos intemperizadas possível, livres de contaminação.
- Embalar as amostras imediatamente após a coleta em sacos plásticos virgens (mínimo 100g).
- O coletor deve sempre avaliar o conteúdo fossilífero preliminar ainda em campo para selecionar amostras com maior potencial de recuperação.
- Amostras para palinologia devem sempre ser do nível mais redutor possível, ou seja, camadas mais finas e escuras, preferencialmente silte e folhelho pretos.

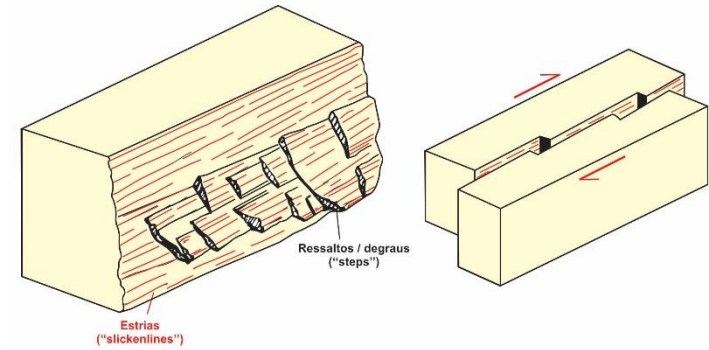
##### ENCAMINHAMENTO DE MATERIAL FOSSILÍFERO

- O material fossilífero (fósseis e amostras com fósseis) deverão ser encaminhados a uma das unidades de análise da DIPALE-DEGEO, indicadas pela equipe após o devido preenchimento da Ficha de Solicitação de Análise - FSA/DIPALE.
- Os objetivos da análise paleontológica incluem: datação indireta, determinação paleoambiental e paleoclimática, correlação entre camadas e seções dentre outras.
- A equipe da DIPALE pode ser acionada para acompanhar campanhas voltadas à coleta de material fossilífero e detalhamento de perfis litológicos (bio e litoestratigrafia).

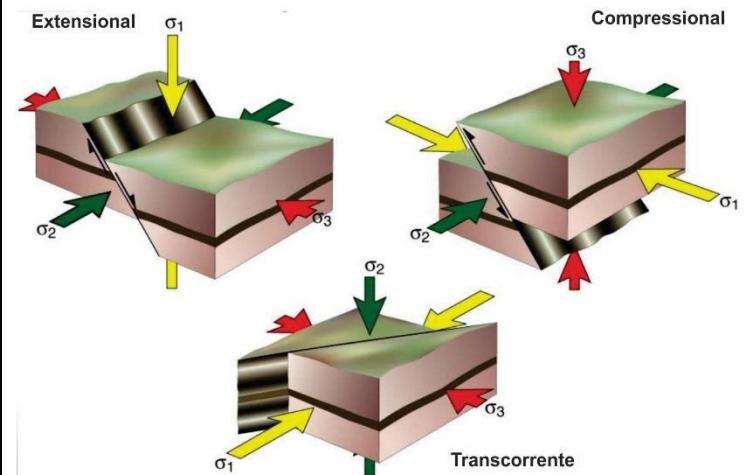
### PRINCIPAIS INDICADORES CINEMÁTICOS DE ZONA DE CISLHAMENTO DÚCTIL Santos (2018)



### INDICADORES CINEMÁTICOS DE FALHAS (DIREÇÃO E SENTIDO DO MOVIMENTO)

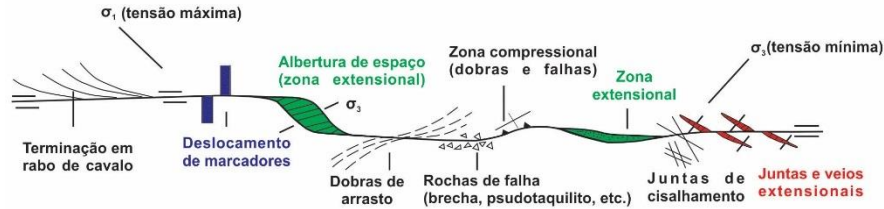


### CLASSIFICAÇÃO DE FALHAS (ANDERSON) E POSIÇÃO DOS EXOS DE TENSÃO MÁXIMA ( $\sigma_1$ ), INTERMEDIÁRIA ( $\sigma_2$ ) e MÍNIMA ( $\sigma_3$ )

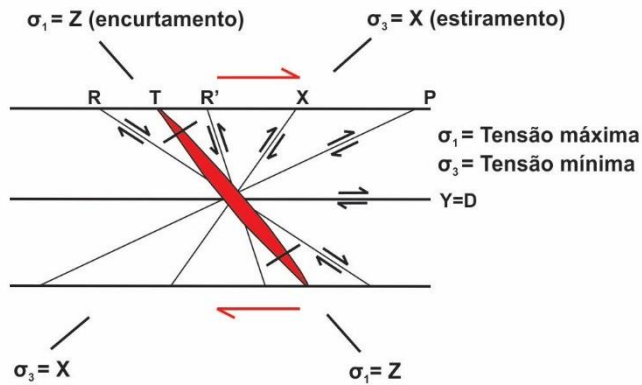




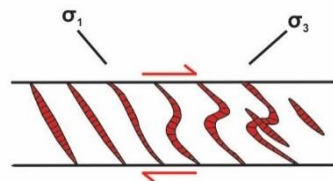
**INDICADORES CINEMÁTICOS DE FALHA/ZONA DE CISALHAMENTO RUPTIL**  
Santos (2018)



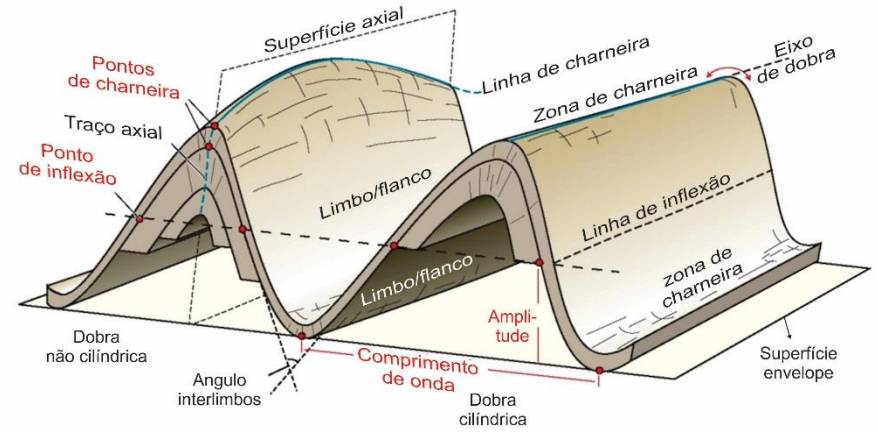
**SISTEMA DE FRATURAS RIEDEL (Zona de cisalhamento rúptil)**  
Santos (2018)



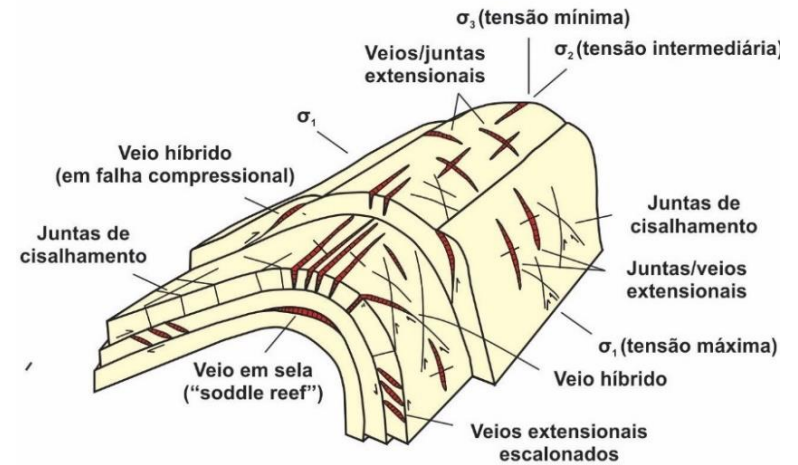
**VEIOS EXTENSIONAIS ESCALONADOS ("tension gashes")**  
Santos (2018)



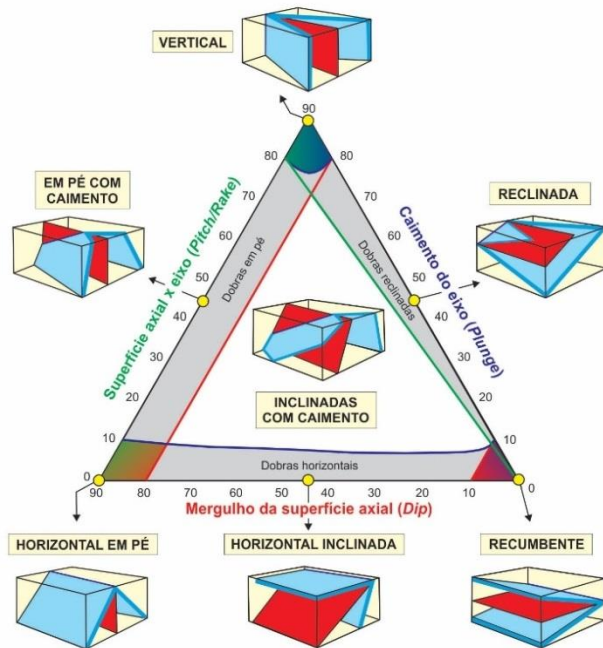
**ELEMENTOS DE UMA DOBRA**  
Fossen (2012)



**JUNTAS E VEIOS ASSOCIADOS A DOBRA**  
Santos (2018)



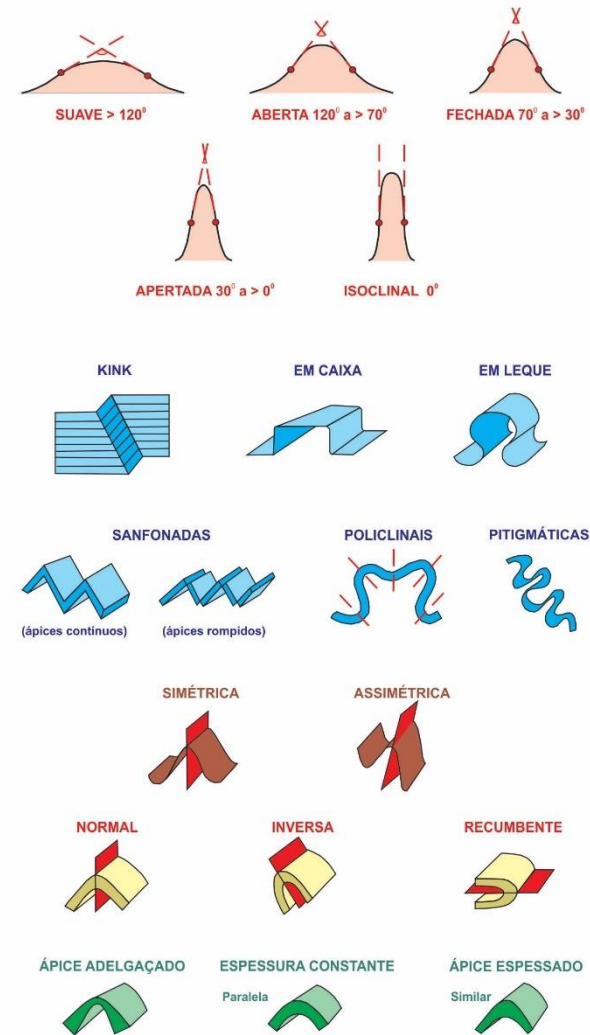
**CLASSIFICAÇÃO DE DOBRAS SEGUNDO O MERGULHO DA SUPERFÍCIE AXIAL E O CAIMENTO DO EIXO**  
Modificado de Richard (1971) e Ragan (1985)



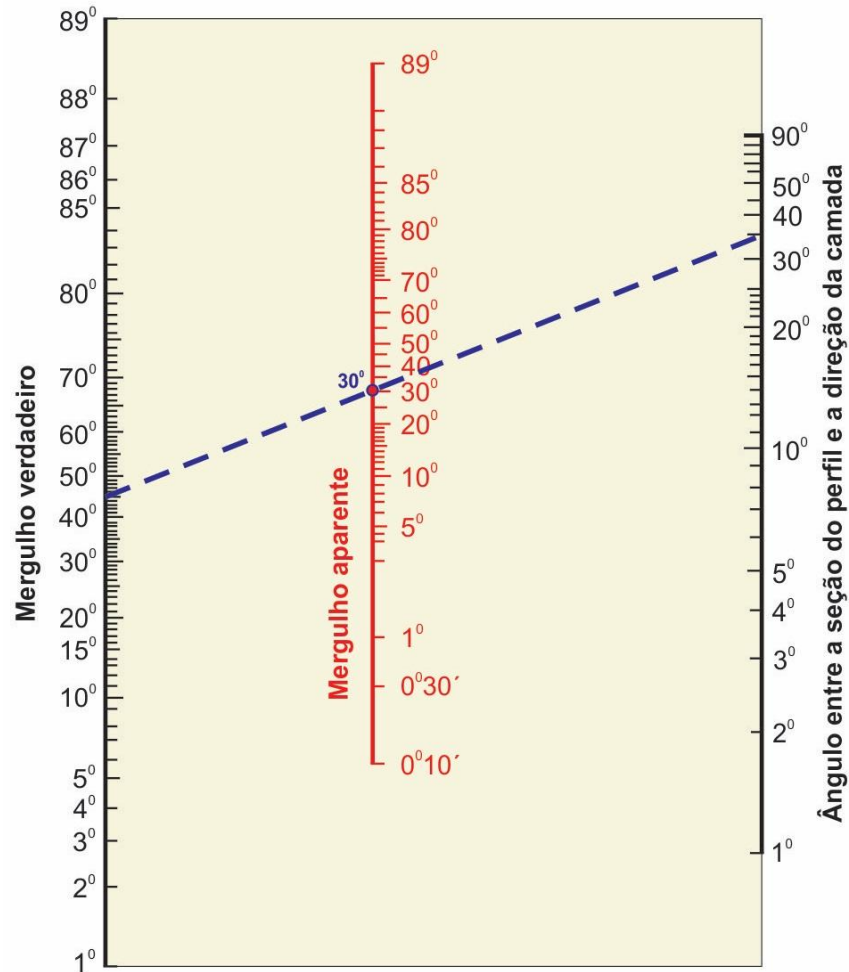
**PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DE DOBRAS**  
Turner e Weiss (1963)



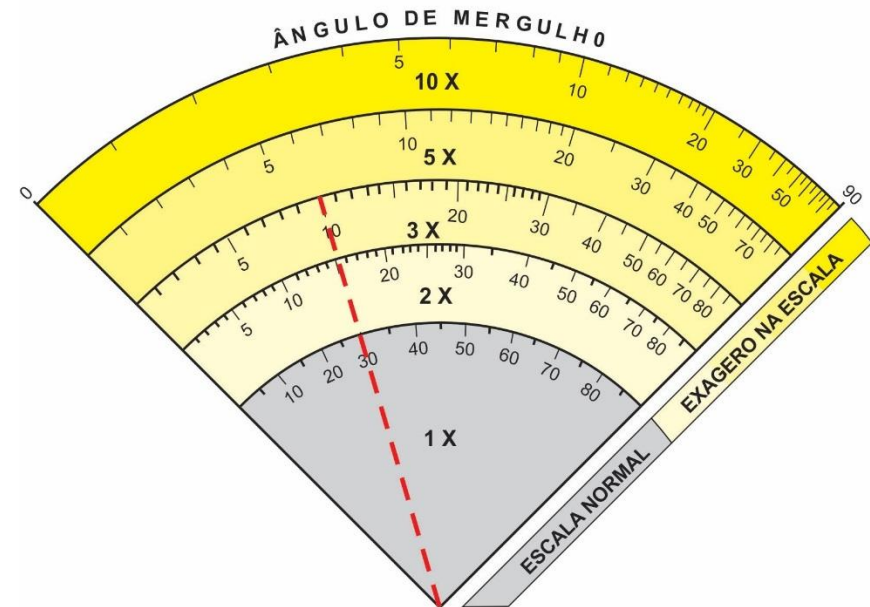
**CLASSIFICAÇÕES DE DOBRAS**



**ÁBACO PARA CONVERTER MERGULHO VERDADEIRO EM APARENTE E VICE-VERSA**  
Rosa et al. (1968)



**TRANSFERIDOR DE MERGULHOS PROPORCIONAIS**  
Rosa et al. (1968)



**EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

**DADOS**

- Feição = falha com 10° de mergulho (real)
- Direção do perfil = ortogonal a estrutura
- Escala horizontal = 1:12.000
- Escala vertical = 1:4.000
- Exagero da escala vertical = 3 X

**CÁLCULO DE MERGULHO**

- Unir o vértice do ábaco ao valor real (10°) na escala exagerada de 3 X.
- Neste caso o valor obtido na escala normal (1 X) é de 30°.
- Este (30°) é o ângulo a ser utilizado na seção geológica.

**CARTA CRONOESTRATIGRÁFICA (IUGS 07/2018)**

Eronelema Eon	Eronelema Era	Sistema Período	Série Época	Estágio Idade	Idade (Ma)	GSSP
FANEROZOICO (PH)	CENOZOICO (CZ)	QUATERN. (Q)	HOLOCENO (Q2)	Meghaliano (qr)	Presente	
				Northgripiano (qp)	0,0042	
				Greenlandiano (qq)	0,0082	
			Superior (qr)	0,0117		
		PLEISTOCENO (Q1)	Médio (qp)	0,126		
			Calabriano (qz)	0,781		
			Gelasiano (qt1)	1,80		
			Plioceno (nz)	2,58		
			Mioceno (N1)	5,333		
			7,246			
		NEOGENO (N)	Messiniano (ne)	11,63		
			Tortoniano (nt)	13,82		
			Serravalliano (nu)	15,97		
			Langhiano (ns)	20,44		
	Burdigaliano (nz)		23,03			
	Aquitano (ni)		27,82			
	OLIGOCENO (E)		Chatiano (es)	33,9		
			Rupeliano (er)	37,8		
			Priaboniano (ep)	41,2		
	EOCENO (E2)		Bartoniano (eb)	47,8		
		Lutetiano (el)	56,0			
	PALEOCENO (E1)	Ypresiano (e4)	59,2			
		Thanetiano (e5)	61,6			
		Selandiano (e2)	66,0			
		Daniano (e1)	72,1 ± 0,2			
	MESOZOICO (MZ)	CRETÁCEO (K)	SUPERIOR (K2)	Maastrichtiano (ka)	72,1 ± 0,2	
				Campaniano (ks)	83,6 ± 0,2	
				Santoniano (ka)	86,3 ± 0,5	
				Coniaciano (kc)	89,8 ± 0,3	
				Turoniano (kt)	93,9	
			INFERIOR (K1)	Cenomaniano (k1)	100,5	
				Albiano (ba)	- 113,0	
				Aptiano (bs)	- 125,0	
				Baremiano (ba)	- 129,4	
				Hauteriviano (bs)	- 132,9	
		PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5	
				Roadiano (pe)	272,95 ± 0,11	
			CISURALIANO (P1)	Kunguriano (p4)	283,5 ± 0,6	
				Artinskiano (p3)	290,1 ± 0,26	
				Sakmariano (p2)	295,0 ± 0,18	
			ASSELIANO (P1)	Asseliano (p1)	298,9 ± 0,15	
				Gzheliano (cp)	303,7 ± 0,1	
	CARBONIFERO (C)	PENNSYLVANIANO (C2)	SUP. Kazimoviano (ce)	307,0 ± 0,1		
			MÉDIO Moscoviano (ce)	315,2 ± 0,2		
		MISSISSIPIANO (C1)	SUP. Serpukhoviano (ca)	323,2 ± 0,4		
			MÉDIO Visiano (ca)	330,9 ± 0,2		
	MESOZOICO (MZ)	JURÁSSICO (J)	SUPERIOR (J3)	Titoniano (jt)	- 145,0	
Kimmeridgiano (je)				152,1 ± 0,9		
Oxfordiano (jo)				157,3 ± 1,0		
MÉDIO (J2)			Calloviano (ja)	163,5 ± 1,0		
			Bathoniano (jb)	166,1 ± 1,2		
			Bajociano (jp)	168,3 ± 1,3		
			Aaleniano (ji)	170,3 ± 1,4		
INFERIOR (J1)			Toarciano (ia)	174,1 ± 1,0		
			Pliensbachiano (ib)	182,7 ± 0,7		
			Hettangiano (ih)	190,8 ± 1,0		
TRIASSICO (T)	SUPERIOR (T3)	Rhaetiano (tr)	- 208,5			
		Norianio (ts)	- 227			
	MÉDIO (T2)	Camiano (te)	- 237			
		Ladiniano (ta)	- 242			
INFERIOR (T1)	Anisiano (ts)	247,2				
	Olenekiano (tb)	251,2				
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
		GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
		CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
			Artinskiano (p3)	283,5 ± 0,6		
		ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
		CARBONIFERO (C)	PENNSYLVANIANO (C2)	SUP. Gzheliano (cp)	298,9 ± 0,15	
MÉDIO Kazimoviano (ce)	303,7 ± 0,1					
MISSISSIPIANO (C1)	SUP. Serpukhoviano (ca)		307,0 ± 0,1			
	MÉDIO Moscoviano (ce)		315,2 ± 0,2			
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
			Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
			Artinskiano (p3)	283,5 ± 0,6		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		
			Wordiano (pe)	265,1 ± 0,4		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	CISURALIANO (P1)	Wordiano (pe)	268,8 ± 0,5		
			Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	ASSELIANO (P1)	Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26		
			Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	LOPINGIANO (P3)	Changhsingiano (ps)	251,902 ± 0,024		
			Wuchiapiigiano (pe)	254,14 ± 0,07		
FANEROZOICO (PH)	PERMIANO (P)	GUADALUPIANO (P2)	Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5		



# DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA

## INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 04 – 01.07.2020

### Numeração de pontos descritos, amostras e fotografias

## 1 – INTRODUÇÃO

Esta instrução tem por finalidade orientar a padronização da numeração de pontos descritos (afloramentos e estações) e amostras coletadas, durante as atividades de campo dos projetos.

O termo “ponto descrito” é utilizado para agrupar duas categorias, designadas “afloramento” e “estação”. Afloramento é uma exposição de rocha, mineral ou solo em superfície, natural ou provocada pela ação humana. O termo “estação”, inclui o afloramento, mas também é empregado para qualquer ponto de interesse geológico ou cartográfico/topográfico, usado para observações de fenômenos geomorfológicos, pedológicos, botânicos, hidrográficos, etc., no sentido de auxiliar a interpretação dos dados de mapeamento geológico, incluindo o ponto de coleta de amostras em prospecção geoquímica, os pontos de leitura de medições geofísicas no terreno, etc.

## 2 – SISTEMÁTICA

Para simplificar as anotações na caderneta de campo, o nome e a referência do projeto (centro de custo), bem como a sigla do técnico responsável, deverão estar escritos de forma legível na primeira página da caderneta.

A sigla de cada técnico deve ser solicitada à DIGEOP/CPRM antes do início dos trabalhos de campo, de forma a evitar duplicidades de siglas entre técnicos em atividade na empresa. Atualmente, a sigla é constituída por dois caracteres, representados (preferencialmente) por letras iniciais de nomes e sobrenomes do técnico.

### 2.1 – Numeração de pontos descritos

Para que seja possível a distinção entre os pontos descritos pelo mesmo técnico em diferentes projetos, o número do centro de custo do projeto em execução é parte imprescindível da identificação do ponto, e antecede a sigla do técnico responsável pela coleta de informações e a numeração sequencial, conforme exemplos na Tabela 1.

**Tabela 1** – Exemplos de numeração de pontos descritos.

NO. PONTO	SIGNIFICADO
4060-SF-041	Ponto nº 041, descrito pelo geólogo Saulo Ferreira (SF), no projeto Geologia e Recursos Minerais da Folha Santa Cruz, com centro de custo = 4060.
4060-SF-042	Ponto nº 042, descrito pelo geólogo Saulo Ferreira (SF), no projeto Geologia e Recursos Minerais da Folha Santa Cruz, com centro de custo = 4060.
1176-AS-019	Ponto nº 019, descrito pelo geólogo Antônio da Silva (AS), no projeto Roncador, com centro de custo = 1176.

### 2.2 – Numeração de amostras coletadas

O tipo da amostra coletada é identificado por letra maiúscula precedendo o número do afloramento ou estação. Na Tabela 2 estão listadas as letras correspondentes aos diversos tipos de amostras, conforme biblioteca da base de dados AFLORA.

**Tabela 2 – Tipos de amostras coletadas e letras correspondentes.**

LETRA	TIPO DA AMOSTRA	LETRA	TIPO DA AMOSTRA
A	Água	M	Mineral/minério
B	Concentrado de bateia	R	Rocha
C	Concreções	S	Sedimento de corrente
F	Sedimento de planície de inundação ( <i>floodplain</i> )	T	Capeamento ( <i>Coatings</i> )
G	Sedimento de lago	V	Vegetação
H	Matéria húmida	X	Seixos
I	Sedimento inconsolidado	Z	Outros

Tendo sido coletada mais de uma amostra de mesma natureza (ex. rocha) no mesmo afloramento ou estação, deverão ser acrescentadas letras maiúsculas após o número do ponto descrito, o que não será necessário para o caso de coleta de amostras de natureza diferente (ex. rocha e solo). Na Tabela 3 está exemplificada a numeração de amostras coletadas, a partir dos afloramentos listados na Tabela 1.

**Tabela 3 – Exemplo de numeração de amostras.**

NO. AMOSTRA	SIGNIFICADO
4060-SF-R-041	Única amostra de rocha (R) coletada no ponto nº 041, descrito pelo geólogo Saulo Ferreira (SF), no projeto Geologia e Recursos Minerais da Folha Santa Cruz, com centro de custo = 4060.
4060-SF-R-042A	Primeira amostra (A) de rocha (R) coletada no ponto nº 042, descrito pelo geólogo Saulo Ferreira (SF), no projeto Geologia e Recursos Minerais da Folha Santa Cruz, com centro de custo = 4060.
4060-SF-R-042B	Segunda amostra (B) de rocha (R) coletada no ponto nº 042, descrito pelo geólogo Saulo Ferreira (SF), no projeto Geologia e Recursos Minerais da Folha Santa Cruz, com centro de custo = 4060.
1176-AS-R-019A	Primeira amostra (A) de rocha (R) coletada no ponto nº 019, descrito pelo geólogo Antônio da Silva (AS), no projeto Roncador, com centro de custo = 1176.
1176-AS-R-019B	Segunda amostra (B) de rocha (R) coletada no ponto nº 019, descrito pelo geólogo Antônio da Silva (AS), no projeto Roncador, com centro de custo = 1176.
1176-AS-L-019	Única amostra de solo (L) coletada no ponto nº 019, descrito pelo geólogo Antônio da Silva (AS), no projeto Roncador, com centro de custo = 1176.

### 2.3 – Numeração de fotografias

Os arquivos das fotografias deverão ser nomeados com o mesmo número do ponto descrito. Nos pontos em que foram tiradas mais de uma fotografia, deverão ser acrescentadas números sequenciais nos arquivos, após o número do ponto descrito (Tabela 4).

**Tabela 4 – Exemplos de numeração de fotografia de pontos descritos.**

NO. FOTO	SIGNIFICADO
4060-SF-041	Única fotografia tirada do ponto 041 pelo geólogo Saulo Ferreira (SF), no projeto Geologia e Recursos Minerais da Folha Santa Cruz, com centro de custo = 4060.
4060-SF-042-1	Primeira fotografia (1) tirada do ponto 044 pelo geólogo Saulo Ferreira (SF), no projeto Geologia e Recursos Minerais da Folha Santa Cruz, com centro de custo = 4060.
4060-SF-042-2	Segunda fotografia (2) tirada do ponto 044 pelo geólogo Saulo Ferreira (SF), no projeto Geologia e Recursos Minerais da Folha Santa Cruz, com centro de custo = 4060.

Ressalta-se que esta orientação visa a organização dos arquivos de fotos de campo, tendo em vista que a numeração de fotos utilizadas no interior de relatório segue regras editoriais e de formatação do mesmo.

## 2.4 – Registros de informações verticais ou não aflorantes

Os registros (numeração de afloramento, amostras, fotografias, etc.) de informações verticais, por exemplo amostras pontuais obtidas em furo de sonda, poço, galeria subterrânea, caverna, etc., deverão seguir a mesma regra de formatação que os dados obtidos em superfície, considerando que no registro do ponto (superfície ou não), são inseridas as coordenadas e altitude. Neste caso da identificação das amostras coletadas em furos de sonda ou poço, deve-se também inserir a profundidade (cota) de onde a mesma foi coletada (Tabela 5).

**Tabela 5 – Exemplo de numeração de amostras coletadas em um furo de sonda.**

NO. AMOSTRA	SIGNIFICADO
4212-AR-R-074	Única amostra de rocha (R) coletada no ponto nº 074, descrito pelo geólogo Alexandre Ranier (AR), no projeto Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil, com centro de custo = 4212. A coordenada do furo e a profundidade/cota devem ser anotadas na caderneta para inserção na base de dados.
4212-AR-R-075A	Primeira amostra (A) de rocha (R) coletada no ponto nº 075, descrito pelo geólogo Alexandre Ranier (AR), no projeto Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil, com centro de custo = 4212. A coordenada do furo e a profundidade/cota devem ser anotadas na caderneta para inserção na base de dados.
4212-AR-R-075B	Segunda amostra (B) de rocha (R) coletada no ponto nº 075, descrito pelo geólogo Alexandre Ranier (AR), no projeto Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil, com centro de custo = 4212. A coordenada do furo e a profundidade/cota devem ser anotadas na caderneta para inserção na base de dados.
4212-AR-R-075C	Terceira amostra (C) de rocha (R) coletada no ponto nº 075, descrito pelo geólogo Alexandre Ranier (AR), no projeto Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil, com centro de custo = 4212. A coordenada do furo e a profundidade/cota devem ser anotadas na caderneta para inserção na base de dados.



# DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA

## INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 05 – 01.07.2020

### Unidades litoestratigráficas e procedimentos para definição de siglas

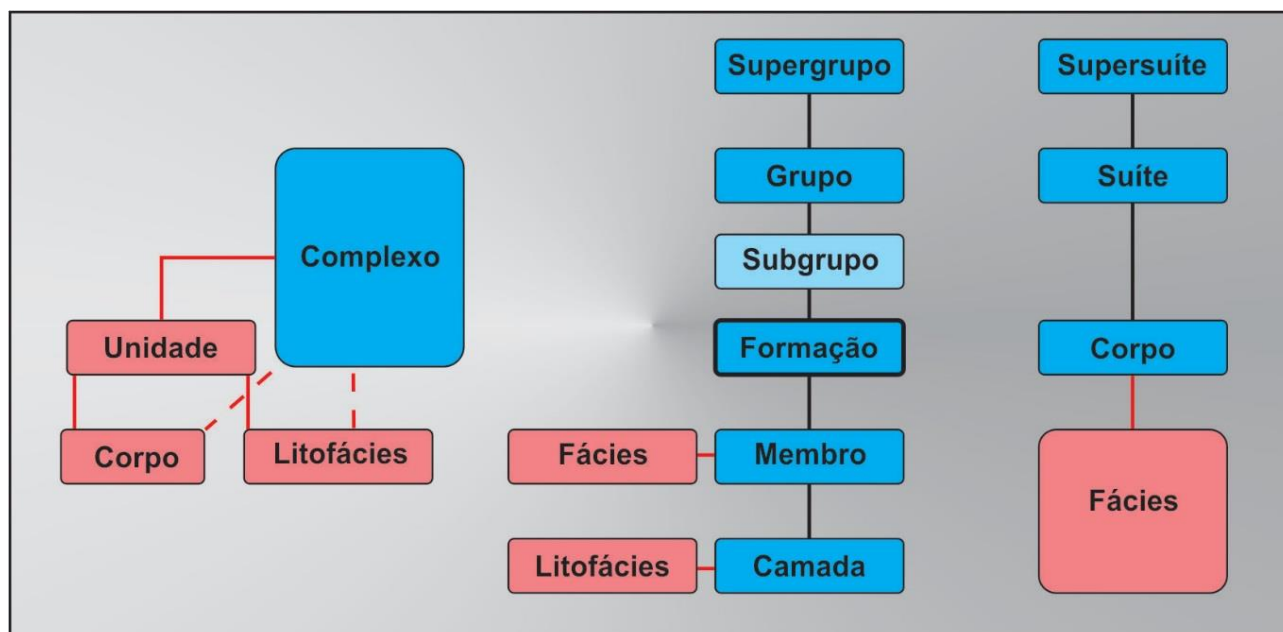
## 1 – INTRODUÇÃO

Tendo em vista que os mapas geológicos do Serviço Geológico do Brasil-CPRM utilizam a classificação litoestratigráfica, este documento enfatiza os procedimentos para a definição de sigla representativa de unidades litoestratigráficas.

## 2 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Segundo Murphy e Salvador (1999) as unidades litoestratigráficas são “corpos de rochas, acamadas ou não, definidas e caracterizadas com base nas suas propriedades litológicas e suas relações estratigráficas”, e a classificação litoestratigráfica é “a organização de corpos rochosos em unidades baseadas em suas propriedades litológicas e suas relações estratigráficas”.

Nesta classificação são propostas as hierarquias formais Supergrupo, Grupo (Subgrupo?), Formação, Membro, Camada, Supersuíte, Suíte, Corpo, Derrame e Complexo, conforme citado em Petri *et al.* (1986) e Murphy e Salvador (1999). Os termos Unidade, Fácies, Litofácies e Corpo (associado a Complexo/Unidade) são utilizados informalmente na base de dados da CPRM (Figura 1).



**Figura 1** – Quadro de correlação das hierarquias das unidades litoestratigráficas comumente utilizadas na CPRM. Em azul hierarquias formais, em vermelho hierarquias informais. Fonte: Petri *et al.* (1986) e Murphy e Salvador (1999).

## 3 – DEFINIÇÃO DE SIGLAS DE UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

A sigla de uma unidade litoestratigráfica é elaborada para ser utilizada na classificação de polígonos destas unidades no mapa geológico, e fazem parte da base de dados Litoestratigrafia do GeoSGB, que não permite duplicidade de siglas para unidades litoestratigráficas distintas.

Para a elaboração de uma sigla deve-se utilizar a regra/composição IDA\_RI\_E\_N, conforme abaixo:

IDA = Representa, através de letras maiúsculas, o intervalo cronoestratigráfico/geocronológico da idade da unidade, seguindo a recomendação da IUGS (International Union of Geological Sciences) (Anexo 1);

RI = Código representado por letras gregas, utilizado quando a unidade é constituída por rochas ígneas (Tabela 1);

**Tabela 1** – Relação das letras gregas utilizadas na composição de siglas de unidades litoestratigráficas.

RI	MAGMATISMO	RI	MAGMATISMO
$\gamma$ (gamma)	Plutonismo félsico (granitoides)	$\beta$ (beta)	Vulcanismo máfico
$\alpha$ (alfa)	Vulcanismo félsico	$\mu$ (mu)	Plutonismo e vulcanismo ultramáfico
$\delta$ (delta)	Plutonismo máfico	$\lambda$ (lambda)	Plutonismo e vulcanismo alcalino

**E** = Código também utilizado quando a unidade é constituída por **rochas ígneas**, e indica a caracterização de mais de um evento magmático, representados por números arábicos (1, 2, 3, etc.), que indicam idades relativas entre os eventos;

**N** = Significa a abreviatura mais reduzida do nome da unidade litoestratigráfica, definida letras minúsculas. Na proposição do nome de uma nova unidade litoestratigráfica, devem ser seguidas as recomendações do código estratigráfico (PETRI *et al.*, 1986; MURPHY; SALVADOR, 2003) e realizada consulta na base Litoestratigrafia do GeoSGB, para evitar duplicidade de nomes de unidades distintas.

A tabela 2 mostra exemplos de aplicação desta sistemática para definição de siglas e de unidades litoestratigráficas.

**Tabela 2** – Exemplos de siglas e seus componentes.

Sigla	IDA	RI	E	N
ENsm	EN = Paleógeno-Neógeno	-	-	sm = Serra dos. Martins
K2J	K2 = Cretáceo Superior	-	-	j = Jandaira
NP3 $\gamma$ 2it	NP3 = Ediacarano	$\gamma$ = Plutonismo félsico	2 = evento 2	It = Itaporanga
NP3 $\delta$ 2s	NP3 = Ediacarano	$\delta$ = Plutonismo máfico	2 = evento 2	s = São J. Sabugi
PP2cai	PP2 = Riaciono	-	-	cai = Caicó

Para avaliação das siglas representativas de todas as unidades presentes em um mapa geológico, incluindo novas proposições e/ou alterações de siglas existentes, o responsável pelo projeto deverá preencher a tabela ilustrada no Anexo 2, a qual deverá ser analisada pela DIGEOB, juntamente com o mapa relacionado. Esta tabela também deve acompanhar os arquivos vetoriais do mapa geológico, no momento em que os produtos finais encaminhados à DIGEOP, pelo DEGEO, que solicita publicação no GeoSGB.

### 3 – REFERÊNCIAS

PETRI, S. et al. Código brasileiro de nomenclatura estratigráfica - guia de nomenclatura estratigráfica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, n. 4, p. 370-415, 1986.

MURPHY, M.; SALVADOR, A. International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS, International Comission on Stratigraphy. International Stratigraphic Guide - an abridged version. **Episodes**, v. 22, n. 4 , p. 255-271, 1999.

## ANEXOS

Anexo 1 – Carta Cronoestratigráfica Internacional De 07/2018 Da Iugs.

CARTA CRONOESTRATIGRÁFICA INTERNACIONAL - ICS/IUGS (07/2018)

Enclenema Eon	Eratema Era	Sistema Período	Série Época	Estágio Idade	Idade (Ma)	GSSP
FANEROZOICO (PH)	CENOZOICO (CZ)	QUATERN. (Q)	HOLOCENO (Qz)	Meghaliano (q7)	0,0042	Presente
				Northgrigiano (q6)	0,0082	
				Greenlandiano (q5)	0,0117	
			Superior (q4)	0,126		
			PLEISTOCENO (Q1)	Médio (q3)	0,781	
		Calabrian (q2)		1,80		
		Gelasiano (q1)		2,58		
		PLIOCENO (N2)		Piacenziano (n8)	3,600	
				Zancleano (n7)	5,333	
			Messiniano (n6)	7,246		
	NEÓGENO (N)	MIOCENO (N1)	Tortoniano (n5)	11,63		
			Serravalliano (n4)	13,82		
			Langhiano (n3)	15,97		
		OLIGOCENO (E3)	Burdigaliano (n2)	20,44		
			Aquitano (n1)	23,03		
			Chatiano (e9)	27,82		
			Rupeliano (e8)	33,9		
			Priaboniano (e7)	37,8		
			EOCENO (E2)	Bartoniano (e6)	41,2	
				Lutetiano (e5)	47,8	
				Ypresiano (e4)	56,0	
			PALEOCENO (E1)	Thanetiano (e3)	59,2	
				Selandiano (e2)	61,6	
	Daniano (e1)	66,0				
	MESOZOICO (MZ)	CRETÁCEO (K)		SUPERIOR (K2)	Maastrichtiano (k6)	72,1 ± 0,2
					Campaniano (k5)	83,6 ± 0,2
					Santoniano (k4)	86,3 ± 0,5
			Coniaciano (k3)		89,8 ± 0,3	
Turoniano (k2)			93,9			
INFERIOR (K1)			Cenomaniano (k1)	100,5		
			Albiano (b6)	~ 113,0		
			Aptiano (b5)	~ 125,0		
			Barremiano (b4)	~ 129,4		
			Hauteriviano (b3)	~ 132,9		
Valanginiano (b2)	~ 139,8					
Berriasiano (b1)	~ 145,0					

As subdivisões dos registros geológicos são formalmente definidas pelo seu limite inferior. As unidades entre o Fanerozoico e a base do Ediacarano são definidas por estratotipos (GSSP-Global Boundary Stratotype Section and Point  $\blacktriangleright$ ). As demais unidades pré-cambrianas são subdivididas a partir de idades absolutas (GSSA-Global Standard Stratigraphic Age  $\oplus$ ).

Enclenema Eon	Eratema Era	Sistema Período	Série Época	Estágio Idade	Idade (Ma)	GSSP
FANEROZOICO (PH)	MESOZOICO (MZ)	JURÁSSICO (J)	SUPERIOR (J3)	Titoniano (j7)	~ 145,0	
				Kimmeridgiano (j6)	152,1 ± 0,9	
				Oxfordiano (j5)	157,3 ± 1,0	
			MÉDIO (J2)	Calloviano (j4)	163,5 ± 1,0	
				Bathoniano (j3)	166,1 ± 1,2	
		INFERIOR (J1)	Bajociano (j2)	168,3 ± 1,3		
			Aaleniano (j1)	170,3 ± 1,4		
			Toarciano (j4)	174,1 ± 1,0		
		TRIASSICO (T)	SUPERIOR (T3)	Pliensbachiano (t3)	182,7 ± 0,7	
				Sinemuriano (t2)	190,8 ± 1,0	
	Hettangiano (t1)			199,3 ± 0,3		
	PERMIANO (P)		Rhaetiano (tr)	201,3 ± 0,2		
			Norian (te)	~ 208,5		
			Camiano (ts)	~ 227		
			MÉDIO (T2)	Ladiniano (tl)	~ 237	
				Anisiano (ti)	~ 242	
			INFERIOR (T1)	Olenekiano (te)	247,2	
				Induano (ti)	251,2	
				Changhsingiano (p9)	251,902 ± 0,024	
				Wuchiapingiano (p8)	254,14 ± 0,07	
				Capitaniano (p7)	259,1 ± 0,5	
	GUADALUPIANO (P2)	Wordiano (p6)	265,1 ± 0,4			
		Roadiano (p5)	268,8 ± 0,5			
		Kunguriano (p4)	272,95 ± 0,11			
		Artinskiano (p3)	283,5 ± 0,6			
		Sakmariano (p2)	290,1 ± 0,26			
	CISURALIANO (P1)	Asseliano (p1)	295,0 ± 0,18			
		Gzheliano (c7)	298,9 ± 0,15			
Kazimoviano (c6)		303,7 ± 0,1				
Moscoviano (c5)		307,0 ± 0,1				
Bashkiriano (c4)		315,2 ± 0,2				
CARBONIFERO (C)	PENNSILVÂNICO (C2)	SUP.	Serpukhoviano (c3)	323,2 ± 0,4		
		MÉDIO	Visiano (c2)	330,9 ± 0,2		
	MISSISSIPPIANO (C1)	SUP.	Tournaisiano (c1)	346,7 ± 0,4		
		MÉDIO		358,9 ± 0,4		
		INF.				

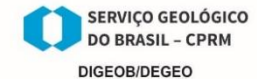
Enclenema Eon	Eratema Era	Sistema Período	Série Época	Estágio Idade	Idade (Ma)	GSSP
FANEROZOICO (PH)	PALEOZOICO (PZ)	DEVONIANO (D)	SUPERIOR (D3)	Famenniano (dr)	358,9 ± 0,4	
				Frasniano (de)	372,2 ± 1,6	
				Givetiano (ds)	382,7 ± 1,6	
			MÉDIO (D2)	Eifeliano (da)	387,7 ± 0,8	
				Emsiano (ds)	393,3 ± 1,2	
		INFERIOR (D1)	Pragiano (d2)	407,6 ± 2,6		
			Lochkoviano (di)	410,8 ± 2,8		
			Pridoliano (s8)	419,2 ± 3,2		
		SILURIANO (S)	Ludlowiano (s3)	423,0 ± 2,3		
			Ludfordiano (s7)	425,6 ± 0,9		
	Gorstiano (s6)		427,4 ± 0,5			
	Homeriano (s5)		430,5 ± 0,7			
	Shelwoodiano (s4)		433,4 ± 0,8			
	ORDOVICIANO (O)	Telychiano (s3)	438,5 ± 1,1			
		Aeroniano (s2)	440,8 ± 1,2			
		Rhundanian (s1)	443,8 ± 1,5			
		Hirnantiano (o7)	445,2 ± 1,4			
		Katiano (o6)	453,0 ± 0,7			
	CAMBRIANO (C)	SUPERIOR (O3)	Sandbiano (o5)	458,4 ± 0,9		
			Darriwiliano (o4)	467,3 ± 1,1		
		MÉDIO (O2)	Dapingiano (o3)	470,0 ± 1,4		
			Floiano (o2)	477,7 ± 1,4		
			Tremadociano (o1)	485,4 ± 1,9		
	FURONGIANO (F4)	Estágio 10 (e10)	~ 489,5			
		Jiangshani (f3)	~ 494			
		Paibiano (f8)	~ 497			
		Guzhangiano (f7)	~ 500,5			
		Drumiano (f6)	~ 504,5			
MIAOLINGIANO (F3)	Wuliiano (f5)	~ 509				
	SÉRIE 2 (F2)	Estágio 4 (f4)	~ 514			
	Estágio 3 (f3)	~ 521				
	TERRENOVIANO (F1)	Estágio 2 (f2)	~ 529			
		Fortuniano (f1)	541,0 ± 1,0			

**REFERÊNCIAS**  
**Carta:** Cohen, K.M., et al (2013; atualizada). The ICS International Chronostratigraphic Chart. (IUGS).  
**Cores:** Commission for the Geological Map of the World (www.ccg.org).

Enclenema Eon	Eratema Era	Sistema Período	Idade (Ma)	GSSP
PRÉ-CAMBRIANO (PC)	PROTEROZOICO (PR)	NEOPROTEROZOICO (NP)	Ediacarano (NP3)	541 ± 1
			Criogeniano (NP2)	~ 635
		Toniano (NP1)	~ 720	
		MESOPROTEROZOICO (MP)	Esteniano (MP3)	1000
			Ectasiano (MP2)	1200
	Calimiano (MP1)		1400	
	PALEOPROTEROZOICO (PP)	ESTATERIANO (PP4)	Orosiriano (PP3)	1600
			Riagiano (PP2)	1800
		Sideriano (PP1)	2050	
		NEOARQUEANO (NA)		2300
			2500	
ARQUEANO (AR)	MESOARQUEANO (MA)		2800	
			3200	
	PALEOARQUEANO (PA)		3600	
			4000	
HADEANO (HD)			~ 4600	

Siglas das unidades segundo Renne et al. (2000), com adaptações.

Observação: em versões anteriores o Serviço Geológico do Brasil-CPRM, utilizou as letras símbolos A1, A2, A3 e A4 para as unidades arqueanas.



Anexo 2 – Modelo de tabela com discriminação de todas as siglas e unidades litoestratigráficas representadas no mapa geológico.



### TABELA DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS – CADASTRO NO GeoSGB

Unidade executora: SUREG/XX - Folha: xnomex (sigla IBGE) - Escala: 1:xxx.xxx

DADOS DA UNIDADE NO GEOSGB		PROPOSTA DE MODIFICAÇÃO OU CRIAÇÃO DE SIGLA E UNIDADE		COMPLEMENTOS			
(1) Sigla no GEOSGB	(2) Nome no GEOSGB	(3) Nova Sigla	(4) Novo nome da Unidade	(5) Hierarquia	(6) Unidade(s) Maior(es)	(7) Descrição da Unidade	(8) Justificativas para alteração
A3PP2tu	Tumucumaque	A3tu	Tumucumaque	Complexo	- - -	Ortognaisses tonalíticos a granodioríticos com enclaves máficos, migmatizados, de fácies anfíbolito alto, com metagranitoides associados.	Idade 2844 Ma (Pb-Pb em zircão obtida por xxxx et al. (xxxx).
MPac	Água Clara	MP1ac	Água Clara	Formação	Supergrupo Açungui	Rochas calcissilicáticas, mármore, xistos e quartzitos.	Relações de campo indicam ser uma unidade restrita ao Calimiano (MP1).
PP3u	Grupo Uai-Uai	PP3u	Uai-Uai	Grupo	- - -	Mica xistos, quartzitos, filitos, hornblenda xistos, paragnaisses, metacherts e gnaiss calcissilicáticos.	Cadastro incorreto.
- - -	- - -	K1mac	Maceió	Formação	Grupo Coruripe	Arenitos com clastos de rochas graníticas dispersas na matriz e fácies turbíticas com conglomerados polimíticos ricos em clastos com argila. Possui intercalações de arenitos, siltitos e folhelhos.	Formação já conhecida e não cadastrada na base de dados
NP3sjum	Mármore	- - -	- - -	Litofácies	Grupo Seridó Formação Jucurutu	Mármore de granulação média apresentando coloração cinza clara ou branca.	- - -
NP3γ2it	Itaporanga	- - -	- - -	Suíte intrusiva	- - -	Biotita granitos leuco-mesocráticos porfíricos (fenocristais de feldspato atingindo até 10 cm de comprimento), coloração cinza a rosa e afinidade K-calcioalcalina.	- - -

Observação: A título de exemplo alguns conteúdos dos preenchimentos dos campos da tabela foram adequados.

**Realces no texto:**

Cor ciano: alteração de siglas e/ou nomes de unidades já cadastradas no GEOSGB.

Cor amarelo: siglas/unidades a serem criadas.

Sem cor : siglas já existentes no GEOSGB e mantidas/utilizadas no mapa.

**Instruções de preenchimento:**

- (1), (2) - Letras símbolo e nomes cadastrados no GeoSGB;
- (3) - Siglas novas ou alteradas utilizadas na identificação das unidades mapeadas;
- (4) - Nomes das unidades litoestratigráficas indicadas na coluna (3);
- (5) - Hierarquia das unidades litoestratigráficas. **Formais:** Supergrupo, Grupo, Subgrupo, Formação, Membro, Camada, Supersuíte, Suíte ou Corpo; Complexo.  
**Informais,** Unidade, Litofácies, Corpo; Fácies ou Não definida.
- (6) - Unidade maior é a unidade imediatamente superior. Se a hierarquia da unidade for Fácies, Litofácies, Corpo, Camada, Membro, etc, listar pelo menos as duas unidades hierárquicas imediatamente superiores;
- (7) - Descrição resumida das unidades mapeadas, de acordo com a legenda do mapa;  
Justificativa para alteração na Letra-símbolo (3) e/ou Nome da Unidade (4).

# DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA

## INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 06 – 01.07.2020

### Símbolos de elementos químicos e abreviaturas de minerais e rochas utilizados em mapas e relatórios

#### 1 – INTRODUÇÃO

Esta instrução visa padronizar a utilização de abreviaturas/símbolos de elementos químicos, minerais e rochas em mapas e relatórios, incluindo fotos de campo, fotomicrografias e ilustrações diversas.

São relacionados símbolos de elementos químicos (Tabela 1), abreviaturas de minerais (Tabela 2), rochas (Tabela 3) e outras abreviaturas específicas (Tabela 4), que procuram sempre seguir as orientações da *International Union of Geological Sciences* ([www.iugs.org](http://www.iugs.org)).

**Tabela 1 – Relação dos símbolos dos elementos químicos.**

NA	ELEMENTO QUÍMICO	SIMB.	NA	ELEMENTO QUÍMICO	SIMB.
1	Hidrogênio	H	31	Gálio	Ga
2	Hélio	He	32	Germânio	Ge
3	Lítio	Li	33	Arsênio	As
4	Berílio	Be	34	Selênio	Se
5	Boro	B	35	Bromo	Br
6	Carbono	C	36	Criptônio	Kr
7	Nitrogênio	N	37	Rubídio	Rb
8	Oxigênio	O	38	Estrôncio	Sr
9	Flúor	F	39	Ítrio	Y
10	Neônio	Ne	40	Zircônio	Zr
11	Sódio	Na	41	Nióbio	Nb
12	Magnésio	Mg	42	Molibdênio	Mo
13	Alumínio	Al	43	Tecnécio	Tc
14	Silício	Si	44	Rutênio	Ru
15	Fósforo	P	45	Ródio	Rh
16	Enxofre	S	46	Paládio	Pd
17	Cloro	Cl	47	Prata	Ag
18	Argônio	Ar	48	Cádmio	Cd
19	Potássio	K	49	Índio	In
20	Cálcio	Ca	50	Estanho	Sn
21	Escândio	Sc	51	Antimônio	Sb
22	Titânio	Ti	52	Telúrio	Te
23	Vanádio	V	53	Iodo	I
24	Cromo	Cr	54	Xenônio	Xe
25	Manganês	Mn	55	Césio	Cs
26	Ferro	Fe	56	Bário	Ba
27	Cobalto	Co	57	Lantânio	La
28	Níquel	Ni	58	Cério	Ce
29	Cobre	Cu	59	Praseodímio	Pr
30	Zinco	Zn	60	Neodímio	Nd



**Tabela 1 – Relação dos símbolos dos elementos químicos (Cont.).**

NA	ELEMENTO QUÍMICO	SIMB.
61	Promécio	Pm
62	Samário	Sm
63	Európio	Eu
64	Gadolínio	Gd
65	Térbio	Tb
66	Disprósio	Dy
67	Hólmio	Ho
68	Érbio	Er
69	Túlio	Tm
70	Itérbio	Yb
71	Lutécio	Lu
72	Háfnio	Hf
73	Tântalo	Ta
74	Tungstênio	W
75	Rênio	Re
76	Ósmio	Os
77	Iridio	Ir
78	Platina	Pt
79	Ouro	Au
80	Mercúrio	Hg
81	Tálio	Tl
82	Chumbo	Pb
83	Bismuto	Bi
84	Polônio	Po
85	Astato	At
86	Radônio	Rn
87	Frâncio	Fr
88	Rádio	Ra
89	Actínio	Ac
90	Tório	Th
91	Protactínio	Pa
92	Urânio	U
93	Netúnio	Np
94	Plutônio	Pu
95	Amerício	Am
96	Cúrio	Cm
97	Berquélío	Bk
98	Califórnio	Cf
99	Einstênio	Es
100	Férmio	Fm

NA	ELEMENTO QUÍMICO	SIMB.
101	Mendelévio	Md
102	Nobélio	No
103	Laurêncio	Lr
104	Rutherfórdio	Rf
105	Dúbnio	Db
106	Seabórgio	Sg
107	Bóhrío	Bh
108	Hássio	Hs
109	Meitnério	Mt
110	Darmstácio	Ds
111	Roentgênio	Rg
112	Copernício	Cn
113	Niônio	Nh
114	Fleróvio	Fl
115	Moscóvio	Mc
116	Livermório	Lv
117	Tenessínio	Ts
118	Oganessônio	Og

**Tabela 2** – Relação das abreviaturas dos minerais. Em fonte preta nomes recomendados pela IUGS e em vermelho abreviaturas adotadas pela CPRM.

No.	MINERAL	ABREV.
1	Actinolita	Act
2	Adularia	Adl
3	Aegirina	Aeg
4	Aegirina-augita	Agt
5	Ágata	Aa
6	Água marinha	Ama
7	Åkermanita (Akermanita)	Ak
8	Alanita	Aln
9	Albita	Ab
10	Alexandrita	Alx
11	Álkali-feldspato	Afs
12	Almandina	Alm
13	Aluminosilicato	Als
14	Alunita	Alu
15	Amazonita	Az
16	Ametista	Amt
17	Analcima	Anl
18	Anatásio	Ant
19	Andalusita	And
20	Andradita	Adr
21	Anfibólio	Anf
22	Anidrita	Anh
23	Anita	Ann
24	Ankerita	Ank
25	Anortita	An
26	Antigorita	Atg
27	Antofilita	Ath
28	Apatita	Ap
29	Apofilita	Apo
30	Aragonita	Arg
31	Arfvedsonita	Arf
32	Arsenopirita	Apy
33	Augita	Aug
34	Autunita	Aut
35	Axinita	Ax
36	Badeleíta	Bad
37	Barita	Brt
38	Barroisita	Brs
39	Berilo	Bl
40	Biotita	Bt

No.	MINERAL	ABREV.
41	Boehmita	Bhm
42	Bustamita	Bst
43	Calcedônia	Cdn
44	Calcita	Cal
45	Calcocita	Cc
46	Calcopirita	Ccp
47	Cancrinita	Ccn
48	Carbonato (mineral)	Cb
49	Carfolita	Cph
50	Carnalita	Car
51	Cassiterita	Cst
52	Catoforita	Ktp
53	Caulinita	Kln
54	Caulinita-Serpentina	Kln-Srp
55	Celadonita	Cel
56	Celestita	Cls
57	Chabazita	Cbz
58	Chamosita	Chm
59	Cianita	Ky
60	Cinábrio	Cin
61	Citrino	Cit
62	Clinoanfibólio	Cam
63	Clinocloro	Clc
64	Clinoenstatita	Cen
65	Clinoferro-holmquistita	Fe2-Chq
66	Clinoferrosilita	Cfs
67	Clino-holmquistita	Chq
68	Clino-humita	Chu
69	Clinopiroxênio	Cpx
70	Clinozoisita	Czo
71	Clorita	Chl
72	Cloritoide	Cld
73	Coesita	Coe
74	Columbita	Col
75	Condrodita	Chn
76	Cordierita	Crd
77	Corindon	Crn
78	Covelita	Cv
79	Crisoberilo	Crb
80	Crisocola	Ccl

Tabela 2 – Relação das abreviaturas dos minerais (Cont.).

No.	MINERAL	ABREV.
81	Crisoprásio	Crp
82	Crisotila	Ctl
83	Cristobalita	Crs
84	Cromita	Chr
85	Cummingtonita	Cum
86	Cuprita	Cpr
87	Deerite	Dee
88	Diamante	Dia
89	Diásporo	Dsp
90	Digenita	Dg
91	Diopsídio	Di
92	Dolomita	Dol
93	Dravita	Drv
94	Eckermannita	Eck
95	Edenita	Ed
96	Elbaíte	Elb
97	Enstatita	En
98	Epídoto	Ep
99	Escapolita	Scp
100	Esfalerita	Sp
101	Esfêno	Esf
102	Esmectita	Sme
103	Esmeralda	Emr
104	Esperssatita	Esp
105	Espinélio	Spl
106	Espodumênio	Spd
107	Estaurolita	St
108	Estilbita	Stb
109	Estilpnomelano	Stp
110	Estroncianita	Str
111	Faialita	Fa
112	Feldspato	Fsp
113	Feldspatoide	Fep
114	Fengita	Phg
115	Ferro-Actinolita	Fe2-Act
116	Ferroedenita	Fe2-Ed
117	Ferrohornblenda	Fe2-Hbl
118	Ferrosilita	Fs
119	Ferrotschermakita	Fe2-Ts
120	Flogopita	Phl

No.	MINERAL	ABREV.
121	Fluorita	Flu
122	Forsterita	Fo
123	Fosforita	Fos
124	Fuchsite	Fuc
125	Gadolinita	Gad
126	Galena	Gn
127	Gedrita	Ged
128	Gehlenita	Gh
129	Gibbsita	Gbs
130	Gipso	Gp
131	Glaucofânio	Gln
132	Glauconita	Glt
133	Goethita	Gt
134	Grafita	Gr
135	Granada	Grt
136	Greenalita	Gre
137	Grossulária	Grs
138	Grunerita	Gru
149	Hematita (Hematite)	Hem
140	Halita	HI
141	Hastingsita	Has
142	Hauinita	Hyn
143	Hedenbergita	Hd
144	Heliodoro	Hel
145	Hercinita	Hc
146	Heulandita	Hul
147	Hiperstênio	Hip
148	Högbomita (Hoegbomita)	Hgb
149	Holmquistita	Hq
150	Hornblenda	Hbl
151	Humita	Hu
152	Illita	Ill
153	Ilmenita	Ilm
154	Jade	Jad
155	Jadeita	Jd
156	Jaspe	Jas
157	Joesmithita	Joe
158	Johannsenita	Jh
159	Kaersutita	Krs
160	Kalsilita	Kls

Tabela 2 – Relação das abreviaturas dos minerais (Cont.).

No.	MINERAL	ABREV.	No.	MINERAL	ABREV.
161	K-feldspato	Kfs	201	Nefelina	Nef
162	Kieseritea	Kie	202	Niboeíta	Nyb
163	Kornerupina	Krn	203	Norbergita	Nrb
164	Kozulita	Koz	204	Noseana	Nsn
165	<b>Kunzita</b>	<b>Kum</b>	205	<b>Obsidiana</b>	<b>Obs</b>
166	Laumontita	Lmt	206	Olivina	OI
167	Lawsonita	Lws	207	Onfacita	Omp
168	Lazulita	Laz	208	<b>Ônix</b>	<b>Oni</b>
169	Lepidolita	Lpd	209	Opaco (mineral)	Op
170	Leucita	Lct	210	<b>Opala</b>	<b>Opa</b>
171	Limonita	Lm	211	Ortoanfíbólio	Oam
172	Lizardita	Lz	212	Ortoclásio	Or
173	Loellingita	Lo	213	Ortopiroxênio	Opx
174	Maghemita	Mgh	214	Osumilita	Osu
175	Magnesiocatoforita	Mg-Ktp	215	Paragonita	Pg
176	Magnesiohornblenda	Mg-Hbl	216	Pargasita	Prg
177	Magnesiorriebeckita	Mg-Rbk	217	Pectólito	Pct
178	Magnesiosadanagaíta	Mg-Sdg	218	Pentlandita	Pn
179	Magnesiosadanagaíta potássica	KMg-Sdg	219	Periclase	Per
180	Magnesita	Mgs	220	Perovskita	Prv
181	Magnetita	Mag	221	Pigeonita	Pgt
182	Marcassita	Mrc	222	Pirita	Py
183	Margarita	Mrg	223	Pirocloro	Pcl
184	Marialita	Mar	224	Pirofilita	Prl
185	<b>Martita</b>	<b>Mat</b>	225	Pirofilita-Talco	Prl-Tlc
186	Meionita	Mei	226	<b>Pirolusita</b>	<b>Pil</b>
187	Melilita	Mel	227	Piropo	Prp
188	Merwinita	Mw	228	Piroxênio	Px
189	Mica	Mca	229	Pirrotita	Pir
190	Mica branca	Wmca	230	Plagioclásio	Pl
191	Microclina	Mic	231	<b>Prásio</b>	<b>Pra</b>
192	Minnesotaíta	Mns	232	Prehnita	Prh
193	Molibdenita	Mol	233	Pumpellyíta	Pmp
194	Monazita	Mnz	234	Quartzo	Qtz
195	Monticelita	Mtc	235	Richterita	Rit
196	Montmorillonita	Mnt	236	Riebeckita	Rbk
197	Mullita	Mul	237	Rodocrosita	Rds
198	Muscovita	Ms	238	Rodonita	Rdn
199	Natrólita	Ntr	239	<b>Rubi</b>	<b>Rub</b>
200	Natrólita	Ntr	240	Rutilo	Rt

**Tabela 2 – Relação das abreviaturas dos minerais (Cont.).**

No.	MINERAL	ABREV.
241	Sadanagaíta	Sdg
242	Sadanagaíta potássica	K-Sdg
243	Safirina	Spr
244	Salitre	Sal
245	Sanidina	Sa
246	Scheelita	Sch
247	Schorlita	Srl
248	Selenita	Sel
249	Sepiolito	Sep
250	Sericita	Ser
251	Serpentina	Srp
252	Siderita	Sd
253	Silimanita	Sil
254	Silvita	Siv
255	Sodalita	Sdl
256	Stishovita	Stv
257	Talco	Tlc
258	Tantalita	Tan
259	Taramita	Tmt
260	Titanita	Ttn
261	Topázio	Toz
262	Tremolita	Tr
263	Tridimita	Trd
264	Troilita	Tro
265	Trona	Trn
266	Tschermakita	Tsc
267	Turmalina	Tur
268	Turquesa	Tuq
269	Ulvoespínélio	Usp
270	Uvarovita	Uvt

No.	MINERAL	ABREV.
271	Uvita	Uvi
272	Vermiculita	Vrm
273	Vesuvianita	Ves
274	Viterita	Wth
275	Vivianita	Viv
276	Volastonita	Wo
277	Wairakita	Wrk
278	Winchita	Win
279	Wuestita	Wus
280	Xenotímio	Xtm

**Tabela 3** – Relação das abreviaturas das rochas. Tipo: Ig= ígnea, Plu = Plutônica, Vul = vulcânica, Sed = Sedimentar, Met = metamórfica. M = Índice de cor.

No.	TIPO	ROCHA	ABREV.
1	Ig Plu (M<90%)	Quartzolito	Qzl
2	Ig Plu (M<90%)	Granitoide rico em quartzo	Grq
3	Ig Plu (M<90%)	Álcali feldspato granito	Agr
4	Ig Plu (M<90%)	Granito	Gra
5	Ig Plu (M<90%)	Sienogranito	Sgr
6	Ig Plu (M<90%)	Monzogranito	Mzg
7	Ig Plu (M<90%)	Granodiorito	Gnd
8	Ig Plu (M<90%)	Tonalito	To
9	Ig Plu (M<90%)	Quartzo álcali feldspato sienito	Qas
10	Ig Plu (M<90%)	Quartzo sienito	Qsi
11	Ig Plu (M<90%)	Quartzo monzonito	Qmz
12	Ig Plu (M<90%)	Quartzo monzodiorito	Qmd
13	Ig Plu (M<90%)	Quartzo monzogabro	Qmg
14	Ig Plu (M<90%)	Quartzo diorito	Qdi
15	Ig Plu (M<90%)	Quartzo gabro	Qgb
16	Ig Plu (M<90%)	Quartzo anortosito	Qan
17	Ig Plu (M<90%)	Álcali feldspato sienito	Asi
18	Ig Plu (M<90%)	Sienito	Sie
19	Ig Plu (M<90%)	Monzonito	Mz
20	Ig Plu (M<90%)	Monzodiorito	Mdi
21	Ig Plu (M<90%)	Monzogabro	Mgb
22	Ig Plu (M<90%)	Diorito	Dio
23	Ig Plu (M<90%)	Gabro	Gb
24	Ig Plu (M<90%)	Anortosito	Ant
25	Ig Plu (M<90%)	Álcali feldspato sienito com feldspatoide	Asf
26	Ig Plu (M<90%)	Monzonito com feldspatoide	Mzf
27	Ig Plu (M<90%)	Monzodiorito com feldspatoide	Mdf
28	Ig Plu (M<90%)	Monzogabro com feldspatoide	Mgf
29	Ig Plu (M<90%)	Diorito com feldspatoide	Dif
30	Ig Plu (M<90%)	Gabro com feldspatoide	Gbf
31	Ig Plu (M<90%)	Anortosito com feldspatoide	Antf
32	Ig Plu (M<90%)	Feldspatoide sienito	Fsi
33	Ig Plu (M<90%)	Feldspatoide monzosienito	Fms
34	Ig Plu (M<90%)	Feldspatoide plagiosienito	Fpl
35	Ig Plu (M<90%)	Miaskito	Mia
36	Ig Plu (M<90%)	Feldspatoide monzodiorito	Fmd
37	Ig Plu (M<90%)	Feldspatoide monzogabro	Fmg
38	Ig Plu (M<90%)	Essexito	Esx
39	Ig Plu (M<90%)	Feldspatoide diorito	Fdi
40	Ig Plu (M<90%)	Feldspatoide gabro	Fgb

Tabela 3 – (Cont.).

No.	TIPO	ROCHA	ABREV.
41	Ig Plu (M<90%)	Terelatito	Trl
42	Ig Plu (M<90%)	Teschenito	Tes
43	Ig Plu (M<90%)	Foidolito	Fdl
44	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Gabronorito	Gbn
45	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Norito	Nor
46	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Troctolito	Trc
47	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Olivina gabro	Ogb
48	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Olivina gabronorito	Ogn
49	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Olivina norito	Ono
50	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Plagioclásio ultramáfica	Plu
51	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Clinopiroxênio norito	Cpn
52	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Ortopiroxênio gabro	Opg
53	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Plagioclásio piroxenito	Plp
54	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Plagioclásio-hornblenda piroxenito	Ppp
55	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Plagioclásio-piroxênio hornblendito	Pph
56	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Hornblenda gabro	Hbg
57	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Piroxênio-hornblenda gabro	Phgb
58	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Piroxênio-hornblenda gabronorito	Phgn
59	Ig Plu (M<90%) Gabroica	Piroxênio-hornblenda norito	Phn
60	Ig Plu (M>90%)	Ortopiroxenito	Opn
61	Ig Plu (M>90%)	Websterito	Wb
62	Ig Plu (M>90%)	Clinopiroxenito	Cpt
63	Ig Plu (M>90%)	Olivina clinopiroxenito	Ocp
64	Ig Plu (M>90%)	Olivina websterito	Owe
65	Ig Plu (M>90%)	Harzburgito	Hzb
66	Ig Plu (M>90%)	Lherzolito	Lhe
67	Ig Plu (M>90%)	Wehrlito	We
68	Ig Plu (M>90%)	Dunito	Du
69	Ig Vul (M<90%)	Álcali feldspato riolito	Ari
70	Ig Vul (M<90%)	Riolito	Rio
71	Ig Vul (M<90%)	Dacito	Dac
72	Ig Vul (M<90%)	Álcali feldspato quartzo traquito	Aqt
73	Ig Vul (M<90%)	Quartzo traquito	Qtr
74	Ig Vul (M<90%)	Quartzo latito	Qlt
75	Ig Vul (M<90%)	Álcali feldspato traquito	Atr
76	Ig Vul (M<90%)	Traquito	Tq
77	Ig Vul (M<90%)	Latito	Lt
78	Ig Vul (M<90%)	Basalto	Bas
79	Ig Vul (M>90%)	Andesito	Ans
80	Ig Vul (M<90%)	Álcali feldspato traquito com feldspatoide	Atf

Tabela 3 – (Cont.).

No.	TIPO	ROCHA	ABREV.
81	Ig Vul (M<90%)	Traquito com feldspatoide	Tqf
82	Ig Vul (M<90%)	Latito com feldspatoide	Ltf
83	Ig Vul (M<90%)	Fonolito	Fn
84	Ig Vul (M<90%)	Fonolito tefrítico	Fnt
85	Ig Vul (M<90%)	Basanito fonolítico	Baf
86	Ig Vul (M<90%)	Tefrito fonolítico	Tfn
87	Ig Vul (M<90%)	Foidito fonolítico	Fdf
88	Ig Vul (M<90%)	Foidito tefrítico	Fdt
89	Ig Vul (M<90%)	Foidito	Fd
90	Ig Vul (Diagrama TAS)	Andesito basáltico	Anb
91	Ig Vul (Diagrama TAS)	Picrobasalto	Pcb
92	Ig Vul (Diagrama TAS)	Traquidacito	Tqd
93	Ig Vul (Diagrama TAS)	Traquiandesito	Tqa
94	Ig Vul (Diagrama TAS)	Traquiandesito basáltico	Tab
95	Ig Vul (Diagrama TAS)	Traquibasalto	Tqb
96	Ig Vul (Diagrama TAS)	Tefrito	Ter
97	Ig Vul (Diagrama TAS)	Basanito	Bam
98	Ig Especiais	Tefra	Tef
99	Ig Especiais	Carbonatito	Cbn
100	Ig Especiais	Melilitito	Mll
101	Ig Especiais	Kalsilitito	Kal
102	Ig Especiais	Kimberlito	Ki
103	Ig Especiais	Lamproito	Lap
104	Ig Especiais	Leucitito	Leu
105	Ig Especiais	Charnockito	Cha
106	Ig Especiais	Piroclástica	Pic
107	Ig Especiais (piroclástica)	Brecha piroclástica	Bpi
108	Ig Especiais (piroclástica)	Aglomerado	Agl
109	Ig Especiais (piroclástica)	Tufo-brecha	Tub
110	Ig Especiais (piroclástica)	Lápili-tufo	Luf
111	Ig Especiais (piroclástica)	Tufo	Tuf
112	Ig Especiais (piroclástica)	Lapilito	Lal
113	Sed	Arenito	Are
114	Sed	Arcósio	Arc
115	Sed	Subarcósio	Sba
116	Sed	Lamito	Lam
117	Sed	Quartzo arenito	Qar
118	Sed	Arenito feldspático	Afd
119	Sed	Arenito lítico	Arl
120	Sed	Arcósio lítico	Csl



Tabela 3 – (Cont.).

No.	TIPO	ROCHA	ABREV.
121	Sed	Arenito sublítico	Asl
122	Sed	Quartzo grauvasca	Qgv
123	Sed	Grauvaca	Grv
124	Sed	Grauvaca feldspática	Gfd
125	Sed	Grauvaca lítica	Grl
126	Sed	Argilito	Art
127	Sed	Siltito	Stt
128	Sed	Follhelho	Fol
129	Sed (carbonática)	Calcário	Cca
130	Sed (carbonática)	Dolomito	Do
131	Sed (carbonática)	Dolomito calcítico	Doc
132	Sed (carbonática)	Calcário dolomítico	Ccd
133	Sed (carbonática)	Calcilutito	Clt
134	Sed (carbonática)	Calcarenito	Crt
135	Sed (carbonática)	Calcirudito	Ccr
136	Sed (carbonática)	Oólito	Oo
137	Sed (carbonática)	Oncólito	Onc
138	Sed (carbonática)	Pisolito	Psi
139	Sed (carbonática)	Coquina	Coq
140	Sed (carbonática)	Estromatólito	Est
141	Sed (carbonática)	Intraesparito	Ies
142	Sed (carbonática)	Intramicro	Imi
143	Sed (carbonática)	Ooesparito	Oes
144	Sed (carbonática)	Oomicrito	Omi
145	Sed (carbonática)	Bioesparito	Bes
146	Sed (carbonática)	Biomicro	Bmi
147	Sed (carbonática)	Pelesparito	Pes
148	Sed (carbonática)	Pelmicro	Pmi
149	Sed (carbonática)	Porcelanito	Por
150	Sed (carbonática)	Tufa	Tfa
151	Sed (carbonática)	Calcrete	Cac
152	Sed	Silcrete	Sic
153	Sed	Ferricrete	Fec
154	Sed	Duricrosta	Duc
155	Sed	Laterita	Lat
156	Sed	Chert	Ch
157	Sed	Conglomerado	Cg
158	Sed	Ortoconglomerado	Ocg
159	Sed	Paraconglomerado	Pcg
160	Sed	Brecha	Bre

Tabela 3 – (Cont.).

No.	TIPO	ROCHA	ABREV.
161	Sed	Diamictito	Dm
162	Sed	Diamictito	Dm
163	Sed	Tilito	Tlt
164	Sed	Tempestito	Tem
165	Sed	Turbidito	Tbd
166	Sed (inconsolidada)	Cascalho	Cas
167	Sed (inconsolidada)	Areia	A
168	Sed (inconsolidada)	Silte	Sit
169	Sed (inconsolidada)	Argila	Arg
170	Sed (carbonosa)	Carvão	Cav
171	Sed (carbonosa)	Hulha	Hh
172	Sed (carbonosa)	Turfa	Tf
173	Sed (carbonosa)	Linhito	Lin
174	Sed (coarbonosa)	Antracito	Anc
175	Met (alta P/T)	Eclogito	Ec
176	Met (alta P/T)	Glaucofanito	Glf
177	Met (alta P/T, nome restrito)	Griquito	Gri
178	Met (alta P/T, nome restrito)	Grospidito	Gro
179	Met (alta P/T, nome restrito)	Alkremito	Alk
180	Met (grau metamórfico baixo)	Ardósia	Ard
181	Met (grau metamórfico baixo)	Filito	Fi
182	Met	Migmatito	Mig
183	Met (carbonática)	Mármore	Mm
184	Met (carbonática)	Rocha carbonato-silicática	Cbs
185	Met (carbonática)	Rocha calcissilicática	Rcs
186	Met	Anfibolito	Afb
187	Met	Granulito	Grn
188	Met (metassomática / alta T)	Fenito	Fn
189	Met (metassomática / contato)	Escarnito	Esc
190	Met (escarnito alta T)	Escarnito magnésiano	Esm
191	Met (escarnito alta-média T)	Calcioeskarnito	Cae
192	Met (metassomática)	Rodingito	Rod
193	Met (metassomática / média T)	Graisen	Grs
194	Met (metassomática / baixa T)	Beresito	Ber
195	Met (metassomática / baixa-média T)	Propilito	Pro
196	Met (metassomática / baixa-média T)	Quartzito secundário (ou hidrotermal)	Qzth
197	Met (metassomática / baixa-média T)	Gumbeito	Gum
198	Met (metassomática / baixa T)	Aceito	Ace
199	Met (metassomática / baixa T)	Argiliso	Ars
200	Met (metamorf. cont.)	Hornfels	Hor

Tabela 3 – (Cont.).

No.	TIPO	ROCHA	ABREV.
201	Met (metamorf. cont. vidro)	Buchito	Buc
202	Met (metamorf. cont. gran fina)	Adinolito	Adi
203	Met	Impactito	Imp
204	Met	Gnaisse	Gna
205	Met	Gondito	Gon
206	Met	Granofels	Grf
207	Met	Itabirito	Ita
208	Met	Quartzito	Qzt
209	Met	Serpentinito	Spe
210	Met	Xisto	X
211	Falha (trama aleatória)	Brecha de falha	Bfa
212	Falha (trama aleatória)	Farinha de falha	Faf
213	Falha (trama aleatória)	Pseudotaquilito	Ptq
214	Falha (trama aleatória)	Brecha de moagem	Bmo
215	Falha (trama aleatória)	Microbrecha de moagem	Mbm
216	Falha (trama aleatória)	Protocataclasito	Ptc
217	Falha (trama aleatória)	Cataclasito	Cat
218	Falha (trama aleatória)	Ultracataclasito	Uct
219	Falha (trama foliada)	Protomilonito	Ptm
220	Falha (trama foliada)	Milonito	Mil
221	Falha (trama foliada)	Ultramilonito	Umi
222	Falha (trama foliada)	Blastomilonito	Bla

**Tabela 4 – Outras abreviaturas.**

No.	NOME	ABREV.
1	Água mineral	Agm
2	Amianto	Ami
3	Asbesto	Asb
4	Bentonita	Ben
5	Brita	Bri
6	Caulim	Cli
7	Diatomita	Dt
8	Esteatito	Eto
9	Folhelho pirobetuminoso	Fp
10	Formação ferrífera bandada	Bif
11	Fosfato	Ff
12	Gas natural	Gas
13	Madeira fossilizada	Maf
14	Pedra de cantaria	Pc
15	Pedra de talhe	Pta
16	Pegmatito	Peg
17	Petróleo	Pet
18	Pozolana	Pz
19	Rocha ornamental	Ro
20	Saibro	Sai
21	Sal-gema	Sag
22	Seixo	Sei
23	Sílex	Slx

# DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA

## INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 07 – 01.07.2020

### Elaboração da Nota Explicativa

## 1 – INTRODUÇÃO

Este documento tem como finalidade apresentar instruções para elaboração de Notas Explicativas de projetos de mapeamento geológico, com a proposição de um sumário, com itens básicos e capítulos constituintes, além de comentários sobre o conteúdo dos capítulos, orientativos para a elaboração dos textos.

As normas para editoração do texto estão contidas no documento “Manual Expresso de Produtos Técnicos” (Relatório Final de Projeto – Texto; insumos básicos para encaminhamento de editoração), elaborado pela DERID/DIMARK e disponível na Intranet, no site corporativo da CPRM. Em caso de proposição de novo manual pelo setor responsável, este deverá ser adotado.

Como premissa básica, a Nota Explicativa relacionada a uma folha cartográfica ou a grupo de folhas deve ser concisa e objetiva, evitando-se textos desnecessários, repetitivos e prolixos, e o documento deve ser compatibilizado com o(s) mapa/carta(s) geológico(s) correspondentes.

## 2 – CONTEÚDO DA NOTA EXPLICATIVA

A Nota Explicativa é composta de itens/capítulos, que podem ser elaborados com a contribuição de vários pesquisadores, havendo o responsável pela consolidação dos temas, geralmente o líder do projeto.

A Tabela 1 mostra os itens/capítulos essenciais de uma Nota Explicativa, em ordem sequencial, entretanto, ressalta-se que em função de características específicas da área estudada e volume e qualidade de informações disponíveis, podem ser inseridos capítulos em outros temas, a exemplo de capítulo sobre Evolução Geológica ou sobre Paleontologia. Também pode haver supressão de algum capítulo proposto, como por exemplo o capítulo de Geofísica, quando se optar por abordar este tema associado a outros capítulos.

**Tabela 1** – Relação dos itens/capítulos essenciais e conteúdo básico de uma Nota Explicativa.

ITEM/CAPÍTULO	CONTEÚDO
Capa e páginas iniciais	Deve seguir modelo padrão em utilização.
Créditos institucionais e técnicos	Relação de chefias e corpo gerencial, créditos de autoria e apoio técnico.
Apresentação	Abordagem geral do projeto, programa ao qual está relacionado, fontes financiadoras (no caso de fontes externas).
Resumo e <i>Abstract</i>	Síntese do conteúdo técnico e principais resultados.
1 - Introdução	Descrição sumária do projeto, localização da área, objetivos, atividades realizadas.
2 - Contexto Geológico Regional	Apresentação do arcabouço geológico geral da área, baseado na análise dos principais trabalhos previamente realizados.
3 - Unidades Estratigráficas	Descrição das unidades mapeadas na área.
4 - Geologia Estrutural e Tectônica	Caracterização dos compartimentos tectônicos e padrões estruturais.
5 - Geofísica	Caracterização de domínios geofísicos, assinatura geofísica das unidades estratigráficas mapeadas e feições estruturais principais, e relação com recursos minerais conhecidos.
6 – Mapeamento Geoquímico/ Geoquímica de Superfície	Apresentação dos resultados do tratamento estatístico dos dados de sedimento de corrente, evidenciando padrões anômalos, apresentação dos destaques mineralógicos, e associação com unidades geológicas, metalóides e feições geofísicas.
7 - Recursos Minerais	Descrição e caracterização dos recursos minerais.

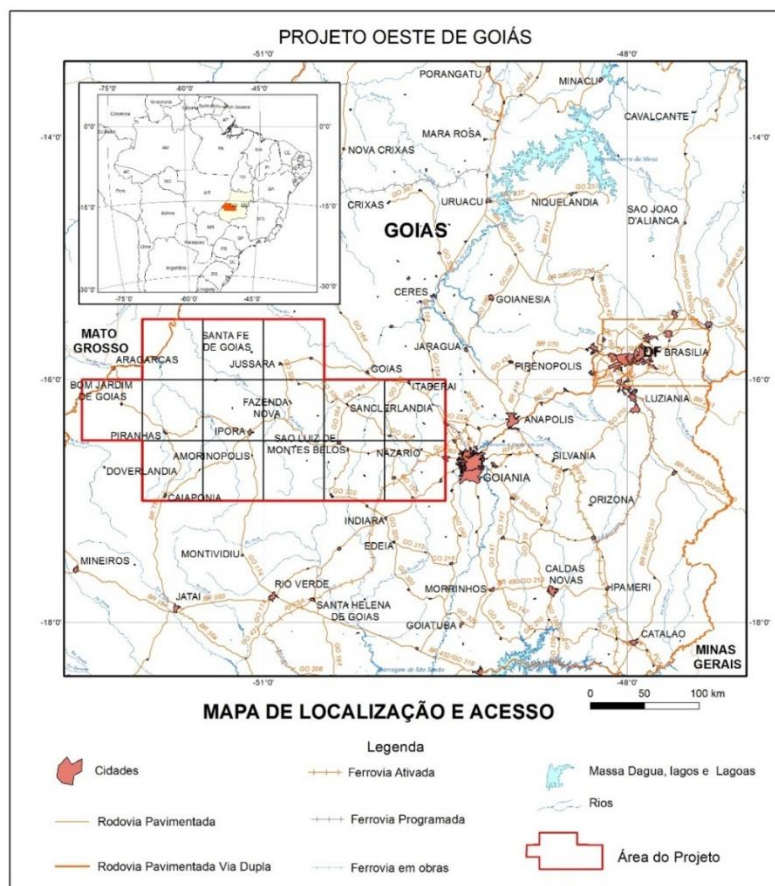
**Tabela 1** – Relação dos itens/capítulos essenciais e conteúdo básico de uma Nota Explicativa (continuação.)

8 - Conclusões e Recomendações	Principais conclusões obtidas no projeto e indicações de trabalhos futuros.
9 - Referências Bibliográficas	Relação completa da bibliografia citada no texto, com base nas normas do Guia de Referências Bibliográficas da CPRM (FREIRE <i>et al.</i> 2012), disponível na Intranet. Necessária a revisão por bibliotecário(a).
Súmula dos Dados Físicos de Produção	Quantificação dos dados físicos de produção gerados pelo projeto.

Orientações sobre o conteúdo dos capítulos principais da Nota Explicativa são apresentadas com maior detalhe abaixo.

## 2.1 – Introdução

Este tópico deverá conter a descrição e período do projeto, unidade executora dos produtos, objetivos, localização geográfica e acessos (Figura 1), principais produtos utilizados (Figura 2) e metodologia, produtos gerados, etc.



**Figura 1** – Exemplo de mapa de localização e acesso da área do Projeto Oeste de Goiás.

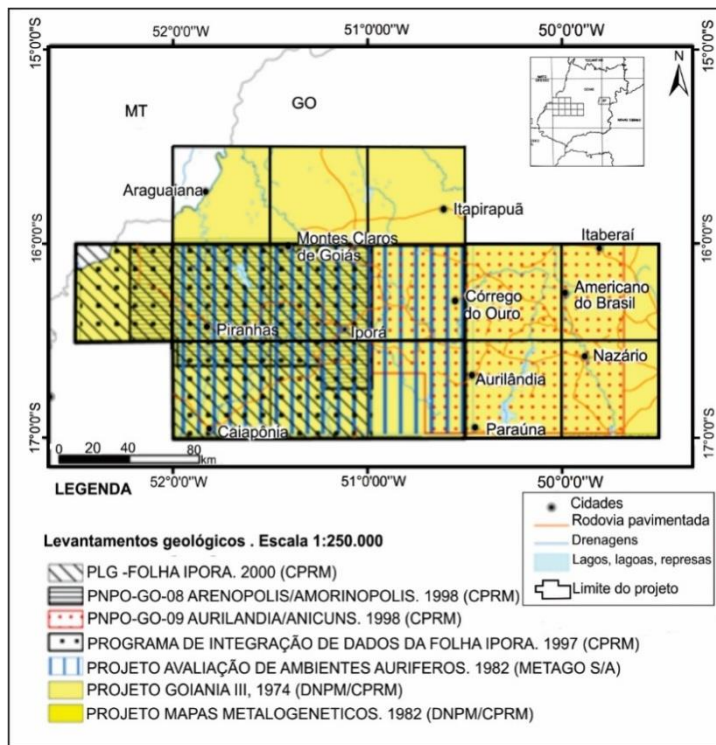


Figura 2 – Exemplo de mapa índice ressaltando os projetos na escala 1:250.000, utilizado na atualização cartográfica do Projeto Oeste de Goiás.

## 2.2 – Contexto Geológico Regional

Esse capítulo deve ser elaborado com base na análise dos principais trabalhos publicados, com vistas a posicionar a área sob contexto geológico regional, ressaltando e abordando os tópicos abaixo:

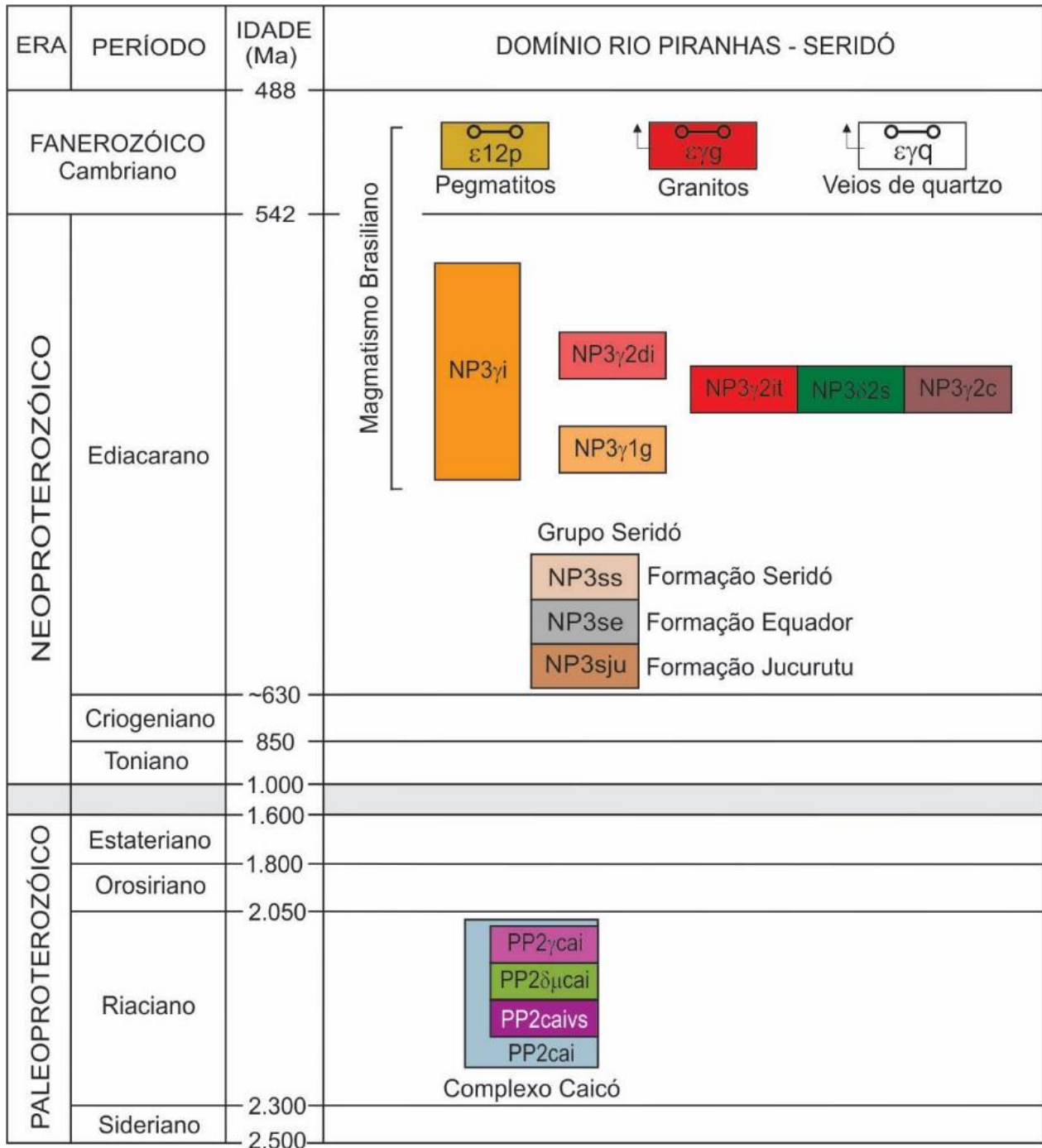
- Síntese da evolução do conhecimento sobre a área;
- A posição da área de trabalho com relação à compartimentação tectônica regional, sendo fundamental apresentar mapa/ilustração regional/tectônico (em geral compilado) em uma escala que permita a visualização da área no contexto regional;
- Descrição sintética de unidades estratigráficas já reconhecidas na área, citando cronologia de eventos, com relação a idade das rochas, eventos de deformação e metamorfismo, alteração hidromineral, etc.

## 2.3 – Unidades Estratigráficas

Idealmente, o capítulo deve ser iniciado com os comentários gerais sobre as bases conceituais para o estabelecimento da estratigrafia da área mapeada, assim como as propostas anteriores mais relevantes de ordenamento estratigráfico. É fundamental a apresentação do quadro tectonoestratigráfico utilizado no mapa geológico (Figura 3) e uma versão simplificada do mapa geológico (Figura 4), para que o leitor possa acompanhar o texto, independentemente se dispõe ou não do mapa geológico original impresso.

Neste capítulo devem ser descritas individualmente todas as unidades litoestratigráficas presentes no mapa geológico, e esta descrição deverá seguir a ordem cronológica, da unidade mais antiga para a mais nova, conforme o quadro tectonoestratigráfico.

Na descrição individual das unidades litoestratigráficas, sempre que houver hierarquia estratigráfica, deve-se descrever da hierarquia da maior para a menor.



**Figura 3** – Exemplo de quadro tectonoestratigráfico da Folha Currais Novos, a ser inserido no início do capítulo de descrição de unidades estratigráficas.

Também podem ser inseridas ilustrações que destacam a unidade descrita individualmente no mapa geológico da área (Figura 5).



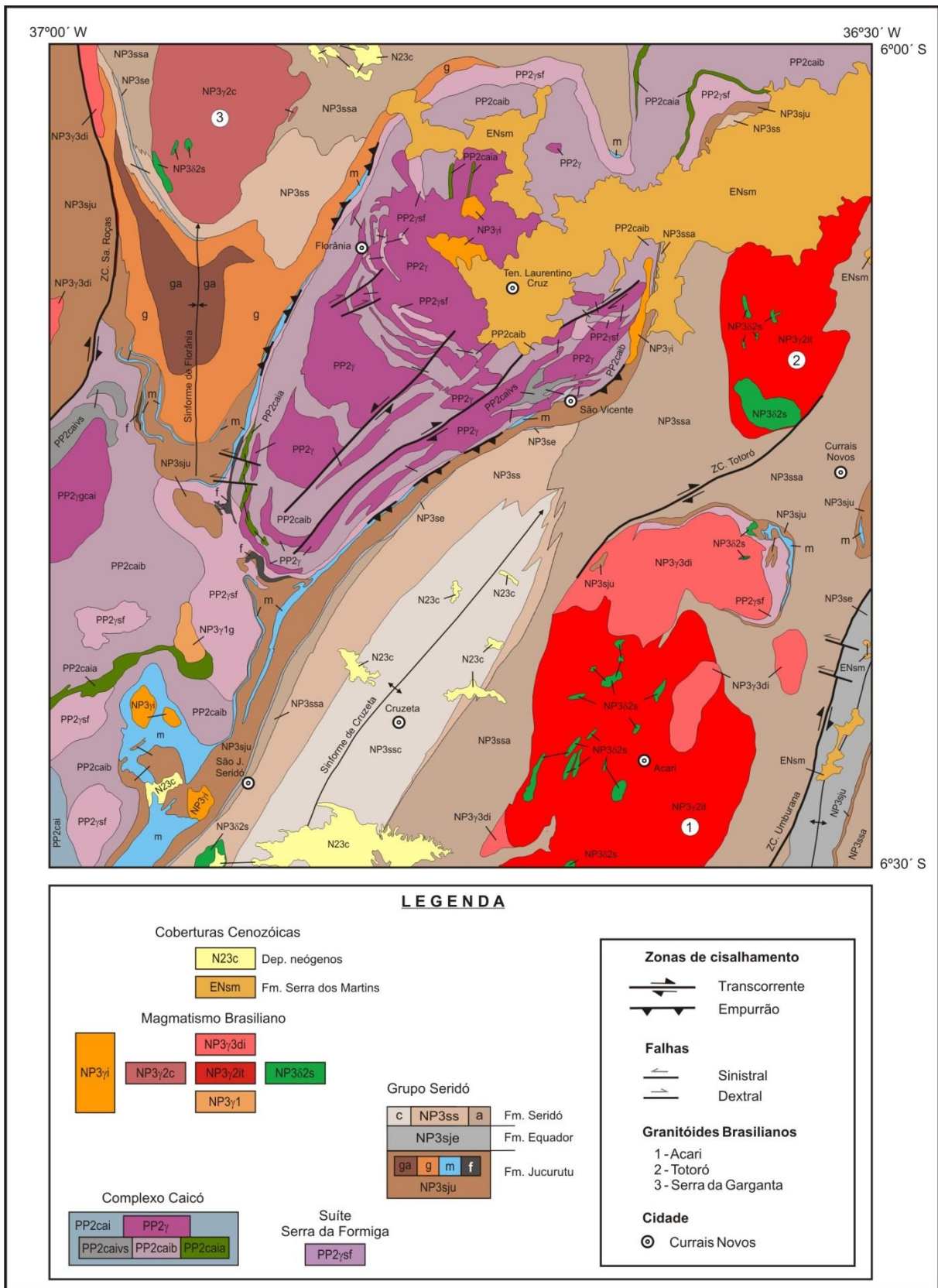


Figura 4 – Exemplo de mapa geológico simplificado que pode ser apresentado no início do capítulo.



Alguns tópicos são essenciais na descrição das unidades estratigráficas, a seguir destacados, que variam em função da natureza da unidade (sedimentar, vulcânica, plutônica, metamórfica):

- Histórico da definição e redefinições, destacando trabalhos mais importantes;
- Distribuição geográfica e relações de contato;
- Área-tipo/localidade-tipo/seção-tipo, perfis e/ou afloramentos chave;
- Assinatura geofísica;
- Litotipos e suas relações de campo;
- Dados essenciais de petrografia;
- Estruturas primárias, ígneas ou sedimentares;
- Estruturas deformacionais (dúcteis a rúpteis);
- Assinatura litogeoquímica;
- Metamorfismo, paragêneses, protólitos;
- Sistemas deposicionais, proveniência, bioestratigrafia, paleontologia;
- Ambiente tectônico;
- Idades e correlações.

É importante a inserção de fotos de afloramentos e fotomicrografias representativas da unidade em questão.

## 2.4 – Geologia Estrutural e Tectônica

Nesse capítulo devem ser descritos os principais aspectos relacionados com o arranjo estrutural dos corpos rochosos mapeados na área, tais como:

- Domínios tectono-estruturais;
- Estruturas tectônicas e primárias, estas últimas se forem importantes para a compreensão estrutural/tectônica da área (ex. fluxo magmático/entendimento mecanismo de colocação de corpos, estruturas sedimentares que indicam direção de paleocorrentes/entendimento da evolução tectônica da bacia sedimentar, etc;.)
- Padrões de deformação, fases, padrões de interferência;
- Critérios cinemáticos;
- Atividades magmáticas e paragêneses metamórficas associadas às fases deformacionais;
- Idades dos eventos deformacionais, quando possível;
- Mecanismos de alojamento corpos intrusivos.

O texto deve ser ilustrado com esboços, figuras e/ou blocos-diagramas, a exemplo das ilustrações das figuras 6 e 7.

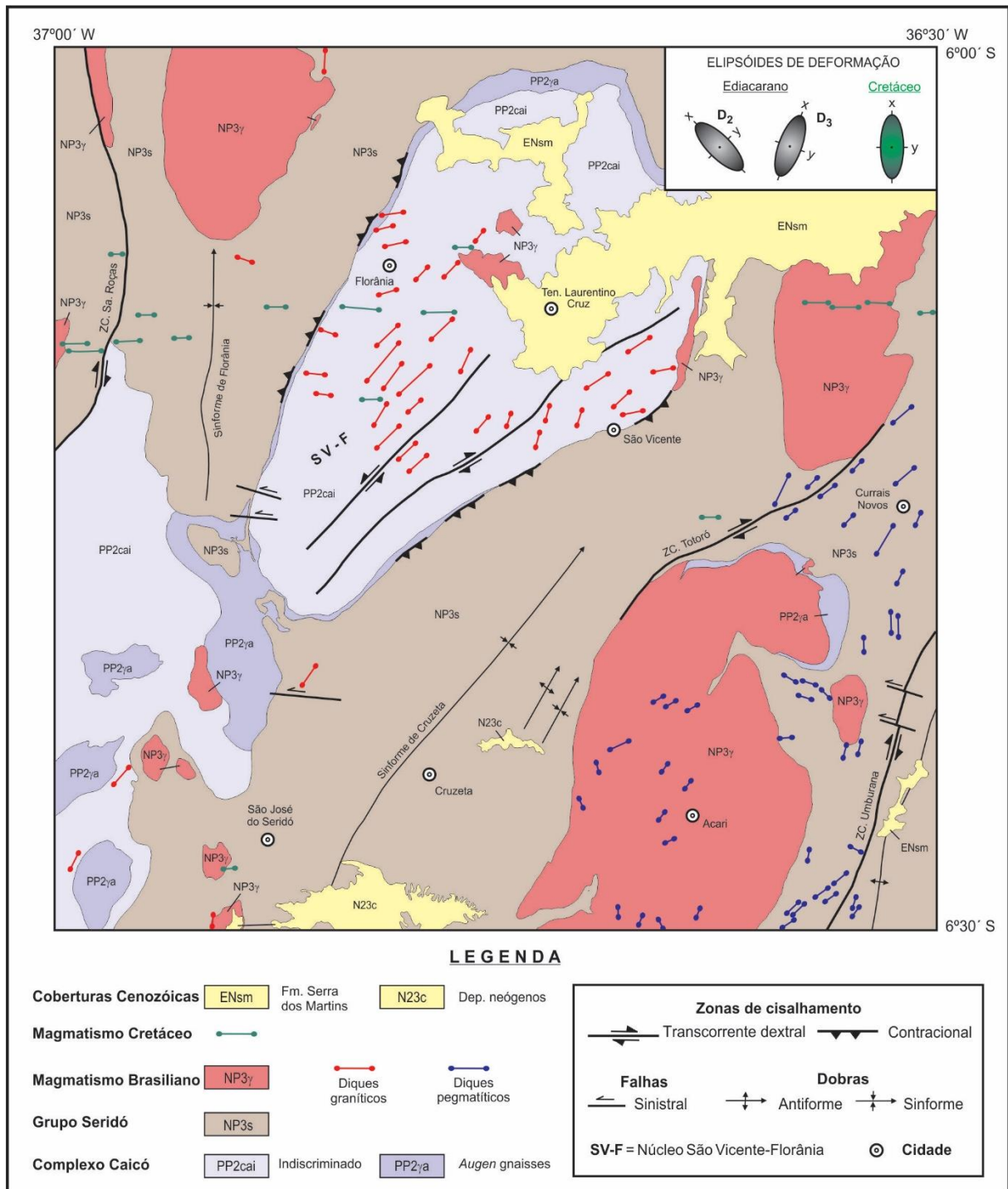
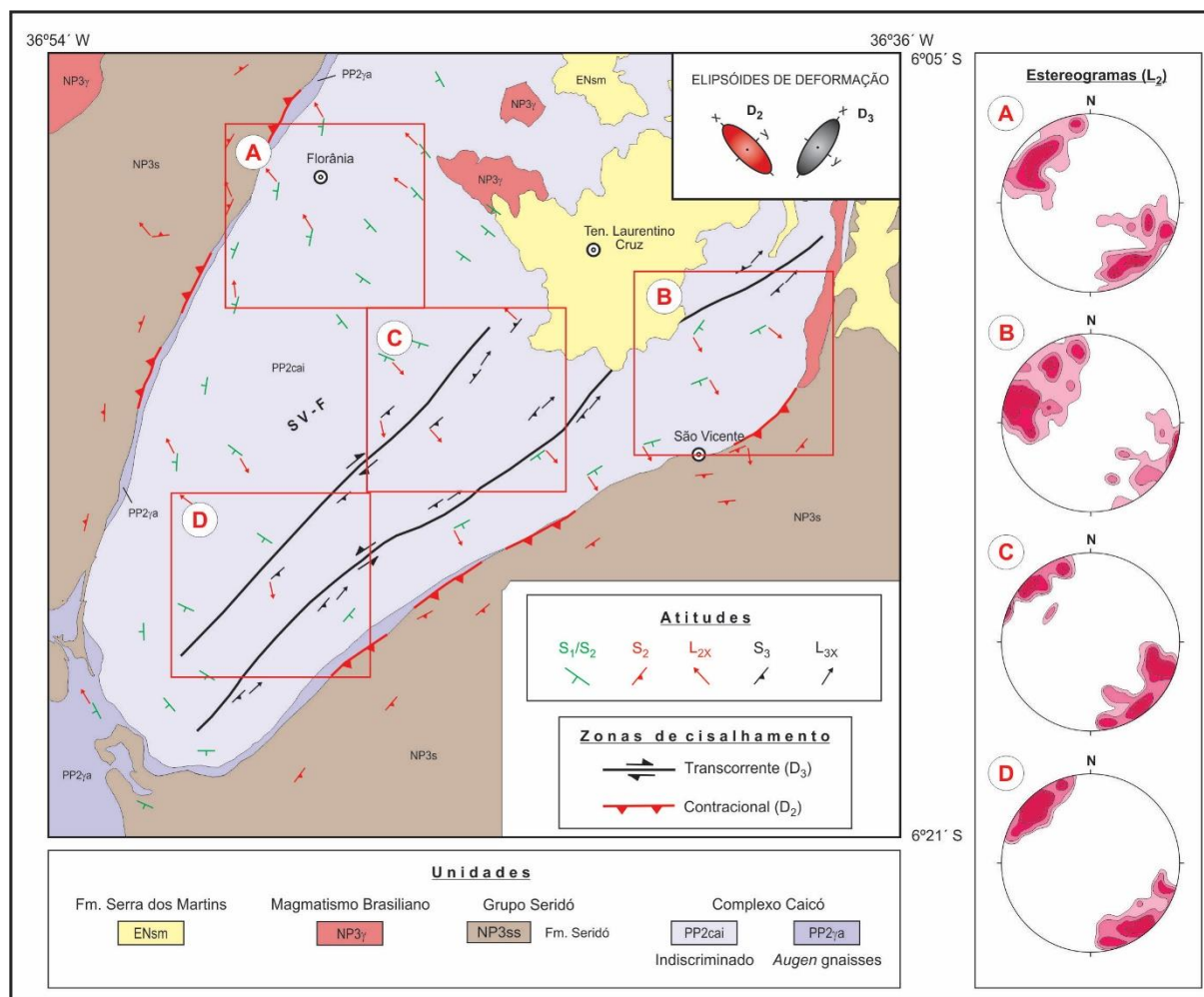


Figura 6 – Exemplo de ilustração do capítulo de Geologia Estrutural e Tectônica da Folha Currais Novos, ressaltando as principais feições estruturais da área.



**Figura 7** – Exemplo de ilustração do capítulo de Geologia Estrutural e Tectônica da Folha Currais Novos, ressaltando estereogramas em semi-esfera inferior com isofrequência de contagem (1, 3 e 5) das lineações de estiramento e mineral ( $L_2$ ) na região do Núcleo de São Vicente, Florânia-RN (SV-F).

## 2.5 – Geofísica

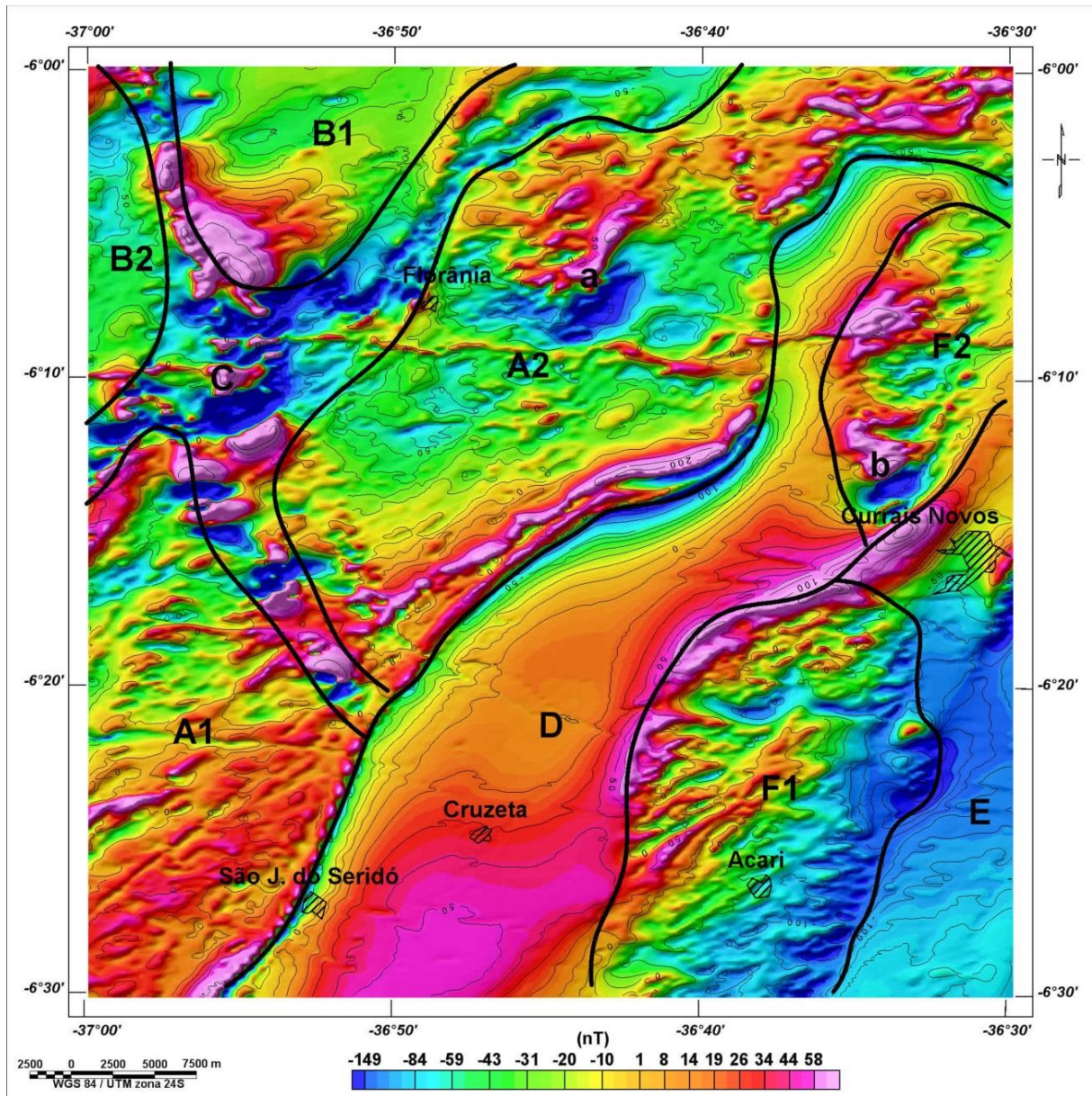
Neste capítulo deverão ser abordadas as informações resultantes da interpretação dos dados aerogeofísicos e de sensores remotos da área mapeada, com foco na correlação dos padrões geofísicos e fotogeológicos com unidades estratigráficas, feições estruturais, domínios tectônicos, assim como na assinatura geofísica de recursos minerais reconhecidos na área do projeto.

Os principais tópicos a serem discutidos neste capítulo são:

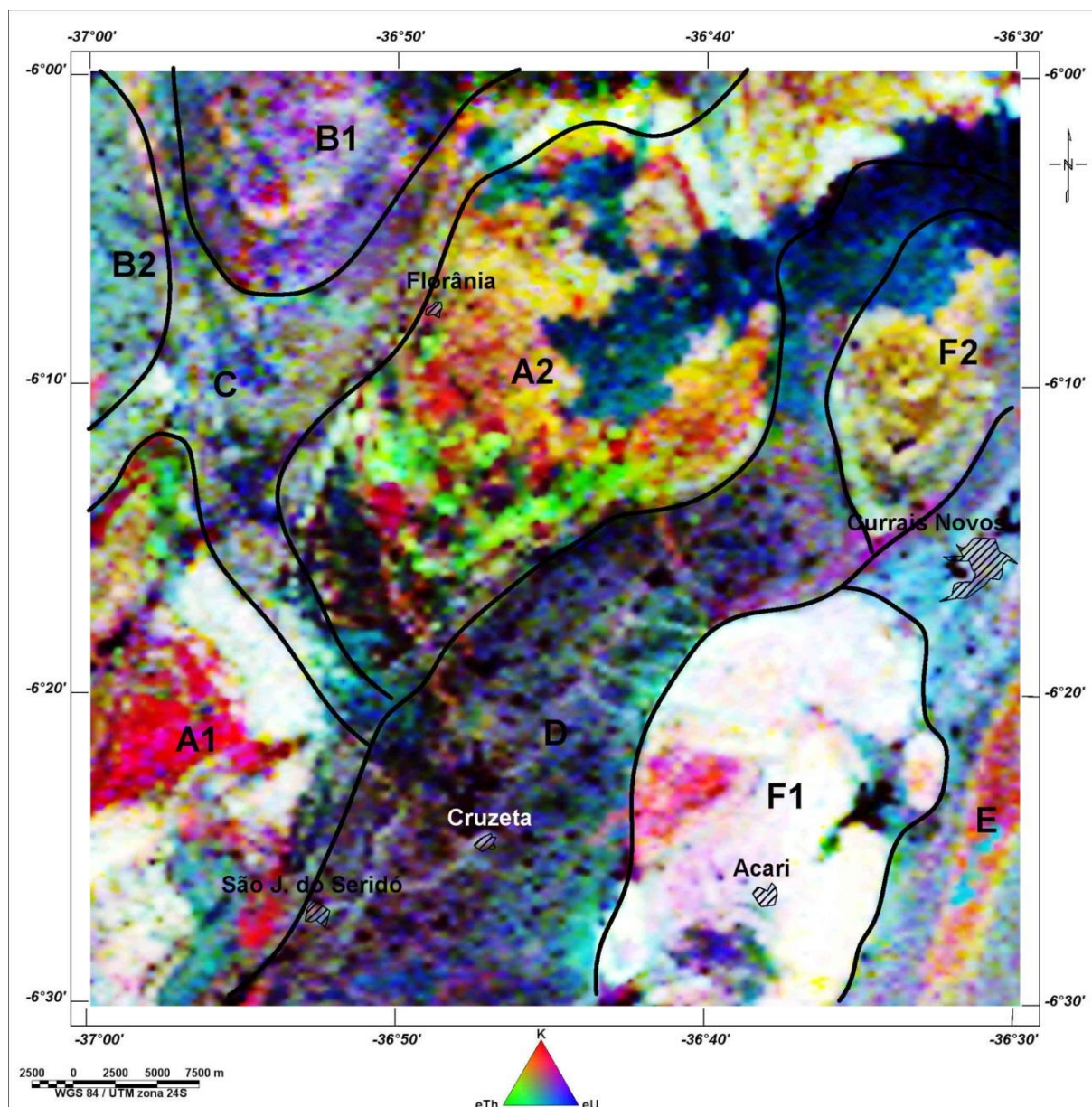
- Individualização dos domínios geofísicos e fotogeológicos;
- Reconhecimento dos alinhamentos e anomalias geofísicas;
- Correlação das feições geofísicas e espectrais com as unidades geológicas e mineralizações.

A identificação dos domínios geofísicos e fotogeológicos (Figura 8), com vistas à identificação de domínios e terrenos crustais, deve ser baseada na análise dos dados geofísicos disponíveis da área estudada (aeromagnéticos, aerogamaespectrométricos, aerogravimétricos, etc.), considerando-se o potencial de cada método analisado. Essa análise é importante para o entendimento da compartimentação tectônica da área, e deve levar em consideração a distribuição das unidades estratigráficas e os padrões estruturais nos diferentes domínios.

As imagens gamaespectrométricas são fundamentais para cartografia geológica, em especial a de composição ternária (K-eTh-eU), visto que apresentam assinaturas geofísicas geralmente com uma alta correlação com as unidades geológicas (Figura 9), e representam informações de profundidades mais rasas (da ordem de 30 a 50 centímetros). A utilização de imagens gamaespectrométricas combinadas com imagens de sensores remotos permitem caracterizar a assinatura geofísicas das unidades estratigráficas e seus padrões de relevo, ambos importantes na cartografia geológica.



**Figura 8** – Ilustração ressaltando os domínios geofísicos da Folha Currais Novos, assinalados sobre imagem do campo magnético anômalo.



**Figura 9** – Ilustração ressaltando os domínios geofísicos da Folha Currais Novos, assinalados sobre imagem de composição gamaespectrométrica ternária K-eTh-eU.

Sempre que possível, as anomalias magnéticas presentes na área de estudo deverão ser checadas no campo pois, mesmo que não haja correlação com unidades aflorantes, estas são importantes para o reconhecimento de rochas magnéticas e de mineralizações a elas associadas.

As mineralizações e zonas de alteração hidrotermal identificadas devem ser amostradas e enviadas para análises espectrais no Laboratório de Sensoriamento Remoto Geológico e Espectroscopia Mineral, localizado na Superintendência Regional de São Paulo, e os resultados devem ser abordados nos capítulos de Geofísica ou Recursos Minerais.

O estudo e descrição dos alinhamentos magnetométricos é importante, pois podem refletir falhas, zonas de cisalhamento ou diques máficos, sejam eles aflorantes ou subaflorantes. Estas informações são imprescindíveis para a definição do arcabouço estrutural e tectônico da área, pois revelam padrões estruturais e/ou limites de domínios ou terrenos tectônicos. Em geral, o mapa da primeira derivada do campo magnético anômalo deve ser utilizado, pois evidencia anomalias magnetométricas lineares rasas. Os alinhamentos magnetométricos também são importantes para identificar *trends* de corpos máficos-ultramáficos, muitas vezes mineralizados em Fe, Ti, V, Cr, Cu, Ni e platinoídeos.

Modelagens e inversões de dados geofísicos (principalmente magnetométricos e gravimétricos) devem ser

incorporados ao relatório, caso tenham sido realizados, e sempre inserir os parâmetros utilizados em tais atividades.

Ressalta-se a necessidade da análise conjunta dos dados geofísicos e geológicos, bem como da interação entre o geofísico e o geólogo para uma análise mais consistente.

Caso tenha havido a realização de alguma atividade de geofísica terrestre, deve ser detalhado todo o processo, desde o planejamento e aquisição dos dados, o processamento e os resultados finais, sempre tendo em vista os objetivos do projeto em questão.

## 2.6 – Mapeamento Geoquímico/Levantamento Geoquímico de Superfície

O mapeamento geoquímico, assim como os produtos cartográficos gerados por ele, deve ter acompanhado rigorosamente a escala do mapeamento geológico. A amostragem não deve ser concentrada em determinado objeto geológico ou priorizar uma maior densidade de amostragem em uma unidade geológica em detrimento de outra.

Neste capítulo, é ressaltada a análise dos resultados laboratoriais em sedimentos de corrente e concentrados de bateia, tendo em vista que são ferramentas importantes para a determinação do *background* regional, e para a avaliação da potencialidade mineral da área.

Na análise geoquímica, além do tratamento estatístico convencional, deve-se considerar a vocação metalogenética da área, identificando anomalias e associações geoquímicas coerentes com o nível crustal investigado e com o ambiente tectônico das unidades mapeadas. Portanto, devem ser fomentadas discussões entre geoquímicos e geólogos responsáveis pelo estudo dos recursos minerais da área, para possibilitar o aproveitamento dessas informações na análise da potencialidade mineral da área.

O autor do capítulo deve conhecer a geologia da área do projeto, assim como, toda a potencialidade de recursos minerais presentes e seus sistemas mineralizantes. Idealmente, o geoquímico responsável deve ter realizado pelo menos uma etapa de campo de reconhecimento regional com a equipe do projeto, e ter participado ativamente das atividades de campo voltadas à caracterização dos recursos minerais.

Esse capítulo deve ser elaborado, seguindo os tópicos abaixo:

- **Introdução** - Deve constar a descrição sucinta dos principais objetivos do levantamento geoquímico, número de dias trabalhados e pessoal envolvido, número de amostras coletadas de cada material, data da coleta/estação climática, etc. Deve ser apresentado um histórico de exploração geoquímica na área, a partir do levantamento de todos os trabalhos já realizados pela CPRM e por outras instituições. A descrição do ambiente superficial é importante, e estes dados podem ser retirados da ficha de campo (Fcampo), onde constam informações como padrões de drenagens/largura/profundidade/fluxo, pH da água, topografia e paisagem (elevação máxima e mínima, descrição sucinta da geomorfologia), clima e vegetação, uso e ocupação do solo, etc.;
- **Métodos de trabalho** - Apresenta a descrição sucinta da metodologia de campo utilizada para a coleta de amostras realizada no projeto (sedimento de corrente, concentrado de bateia, solos, água ou qualquer outra matriz geológica coletada para a análise química). É indicada a inserção de fotos ilustrando as atividades de campo desenvolvidas pela equipe de amostragem da CPRM. Deve ser descrita a metodologia de preparação física e analítica utilizada na análise do sedimento de corrente, solo, água ou qualquer outra matriz geológica coletada para a análise química. Mencionar a fração analisada, método de abertura da amostra, equipamentos utilizados e limites de detecção inferior e superior dos elementos analisados. Fazer uma descrição da metodologia de preparação física e analítica (qualitativa, semi-quantitativa ou quantitativa) utilizada na análise do concentrado de bateia;
- **Resultados** - Primeiramente, apresentar o estudo de variância analítica e de amostragem para sedimentos de corrente, solos e/ou água, através do método: ANOVA, Two-way ANOVA ou Thompsom and Howarth. Outro método de variância poderá ser utilizado desde que apresentado previamente para análise crítica da DIGEOQ.



Na sequência apresentar a estatística univariada dos dados de sedimento de corrente, solos e/ou água, através de uma tabela com sumário dos estimadores (Tabela 2) e utilização de concentrações Clark ou UCC para comparação com os valores obtidos na área de estudo. Fazer o teste de normalidade (teste *Shapiro-Wilk* ou *Komolgorov-Smirnov*) para os dados brutos, dados log-transformados ou dados Box-Cox-transformados. Confeccionar gráficos diversos, preferencialmente histogramas, *Q-Q plot* e *box & whisker plot*. Fazer a comparação entre a distribuição da concentração das variáveis nas diversas unidades geológicas da área de estudo (preferencialmente utilizando gráficos *box-plot*), além da marcação nos gráficos da concentração Clark ou UCC. Confeccionar os mapas geoquímicos unielementares utilizando bacias de drenagens para sedimentos de corrente e água, e a interpolação pelo inverso da distância, no caso de malhas regulares de solo.

**Tabela 2 – Sumário estatístico padrão para representação dos dados de sedimento de corrente, solo e/ou água.**

Elemento	Limite Inf.	Grau detecção	Abaixo Lim. (%)	Coefficiente de Variação (%)	Média arit.	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Limiar de 3º Ordem (Q3+1,5(Q3-Q1))	Limiar de 2º Ordem (Q3+3(Q3-Q1))	Limiar de 1º Ordem (Q3+4,5(Q3-Q1))	Máximo	UCC
Al-%	0,01	586/586	0	109	0,512	0,01	0,130	0,340	0,670	164,336	602,193	602,19	5,170	7,7
Ba-ppm	5	538/586	48	91	52,40	2,5	17	40	76	183,43	640,91	640,91	259	668
Be-ppm	0,1	341/586	245	99	0,20	0,05	0,05	0,10	0,30	148,64	544,88	544,88	1,30	3,1
Bi-ppm	0,02	414	172	130	0,047	0,010	0,010	0,040	0,060	194,886	714,541	714,54	1,080	0,123
Ca-%	0,01	483	103	131	0,086	0,005	0,010	0,040	0,120	196,067	718,839	718,84	0,990	2,9
Cd-ppm	0,01	396	190	171	0,028	0,005	0,005	0,020	0,030	256,832	941,687	941,69	0,560	0,102
Ce-ppm	0,05	582	0	231	55,653	0,800	7,480	16,240	46,530	475,440	1657,504	1657,50	1000	65,7
Co-ppm	0,1	586	0	149	6,66	0,10	1,20	3,90	8,10	233,11	848,12	848,12	112,40	11,6
Cr-ppm	1	585	1	90	19,9	0,5	8,0	14	25	153,5	551,0	551,00	129	35
Cs-ppm	0,05	498	88	107	0,257	0,025	0,080	0,150	0,340	161,219	590,951	590,95	2,060	5,8
Cu-ppm	0,5	583	3	176	12,94	0,25	3,40	7,20	13,30	286,88	1036,69	1036,69	207,80	14,3
Fe-%	0,01	586	0	97	1,874	0,190	0,720	1,410	2,330	147,968	541,334	541,33	14,890	3,1
Ga-ppm	0,1	586	0	103	2,70	0,20	1	1,90	3,40	157,77	576,62	576,62	21,00	14
Hf-ppm	0,05	313	273	203	0,137	0,025	0,025	0,060	0,150	304,745	1117,215	1117,22	3,800	5,8
In-ppm	0,02	188	398	84	0,018	0,010	0,010	0,010	0,020	126,132	462,474	462,47	0,100	0,056
K-%	0,01	465	121	127	0,069	0,005	0,010	0,030	0,100	191,216	701,068	701,07	0,600	2,9
La-ppm	0,1	586	0	260	25,52	0,30	3,20	7,00	19,30	456,94	1631,16	1631,16	771,60	32,2
Li-ppm	1	445	141	108	3,3	0,5	1	2	5	164,9	602,2	602,20	23,0	22
Lu-ppm	0,01	539	47	92	0,074	0,005	0,0300	0,0600	0,1000	137,43	503,87	503,87	0,58	1
Mg-%	0,01	453	133	128	0,090	0,005	0,0100	0,0400	0,1300	191,38	701,66	701,66	0,78	1,4
Mn-ppm	5	575	11	84	405	2,5	130	338	580	466,8	1484,7	1484,70	1979	527
Mo-ppm	0,05	309	277	108	0,169	0,025	0,025	0,130	0,270	161,618	592,479	592,48	1,510	1,4
Na-%	0,01	283	303	113	0,016	0,005	0,005	0,005	0,020	169,520	621,561	621,56	0,160	1
Nb-ppm	0,05	529	57	76	0,388	0,025	0,180	0,340	0,520	115,041	421,619	421,62	1,990	26
Ni-ppm	0,5	586	0	135	5,96	0,60	1,70	3,10	6,80	210,15	765,21	765,21	65,70	18,6
P-ppm	50	372	214	102	130,5	25	25	88	187	287,1	963,7	963,70	950	665
Pb-ppm	0,2	586	0	78	4,79	0,50	2,60	4,05	5,70	120,24	438,41	438,41	39	17
Rb-ppm	0,2	540	46	131	5,43	0,10	0,80	2,50	7,40	202,88	739,17	739,17	47,30	110
Sc-ppm	0,1	583	3	136	4,15	0,05	1,1000	2,7000	5,1000	210,15	766,76	766,76	56	84
Sr-ppm	0,3	285	301	86	0,37	0,15	0,15	0,15	0,50	130,05	476,63	476,63	2,80	2,5
Str-ppm	0,5	561	25	119	5,96	0,25	1,90	3,95	7,80	185,43	675,18	675,18	82,40	316
Tb-ppm	0,02	562	24	184	0,429	0,010	0,090	0,200	0,420	276,865	1014,644	1014,64	8,030	1
Th-ppm	0,1	580	6	257	9,80	0,05	1,10	2,70	7,60	410,28	1487,59	1487,59	281,40	10,3
Ti-%	0,01	534	52	122	0,149	0,005	0,030	0,095	0,180	182,698	669,773	669,77	1,340	0,3
Tl-ppm	0,02	400	186	130	0,064	0,010	0,010	0,040	0,080	195,430	716,521	716,52	0,760	1
U-ppm	0,05	567	19	157	0,871	0,025	0,200	0,420	0,900	236,457	866,099	866,10	10,290	2,5
V-ppm	1	577	9	200	47,6	0,5	9	23,5	46	394,3	1382,5	1382,50	1042	53
Y-ppm	0,05	586	0	128	7,417	0,140	2,010	4,760	8,790	201,300	731,775	731,78	80	20,7
Yb-ppm	0,1	508	78	93	0,53	0,05	0,20	0,40	0,70	139,43	510,91	510,91	3,90	1
Zn-ppm	1	565	21	106	21,2	0,5	6	15	29	181,6	650,9	650,90	199,0	52
Zr-ppm	0,5	583	3	120	8,99	0,25	4,10	6,70	10,70	191,09	693,46	693,46	150,30	237

Após a apresentação da estatística univariada, apresentar a estatística bivariada dos dados de sedimento de corrente, solo e/ou água através do Teste de Pearson, se a maioria das variáveis possuem distribuição normal, e através do teste de Spearman, se a maioria das variáveis possuem distribuição não-normal. Pode-se ainda fazer tais testes de correlação para cada unidade geológica, se o número de amostras em cada unidade for suficiente (preferencialmente  $n > 20$ ). Utilizar gráficos de dispersão entre elementos com boas correlações, preferencialmente colocando símbolos diferentes para unidades geológicas diferentes.

Apresentar a estatística multivariada dos dados de sedimento de corrente, solo e/ou água através da correlação e análise de agrupamentos, análise de principais componentes ou análise fatorial (Transformação CLR

Tutorial).

Apresentar os resultados da amostragem de concentrado de bateia utilizando a tabela de frequência dos minerais encontrados na área. Classificar minerais conforme sua gênese (minerais-minério, metamórficos, acessórios e/ou de alteração). Também pode ser feita uma classificação com base na composição química (ex. elementos nativos, sulfetos, óxidos, carbonatos, nitratos, sulfatos, fosfatos e silicatos). Descrever as características (cor, hábito, grau de arredondamento, texturas, etc) dos grãos. Para ilustrar as observações mencionadas acima, inserir fotos de grãos. Mencionar os principais pontos com destaques mineralógicos.

- **Considerações finais** - Discutir sobre os principais resultados obtidos, correlacionando resultados de concentrado de bateia e sedimento de corrente, gerando, desta forma, modelos geoquímicos. Estes dados devem ser integrados com os dados geológicos, geofísicos e de recursos minerais da área de estudo.

## 2.7 – Recursos Minerais

Em áreas pobres em recursos minerais (ocorrências e depósitos), este tema é representado diretamente sobre o mapa geológico, enquanto que em áreas com uma quantidade substancial de jazimentos minerais, é passível a elaboração de um mapa de recursos minerais independente do mapa geológico.

Em qualquer caso, deve-se considerar os conceitos modernos de inserção do recurso mineral no seu sistema mineral e ambiente tectônico, e o conceito de variação secular em geologia econômica. Nesse sentido, o recurso mineral pode ser um marcador estratigráfico e tectônico importante, complementando as informações litoestratigráficas e tectônicas contidas no mapa geológico.

Os depósitos e ocorrências deverão ser descritos e caracterizados na Nota Explicativa segundo seu tipo genético, devendo também conter uma tabela com as principais características dos recursos minerais (Tabela 3)

**Tabela 3 – Exemplo da relação das principais características dos jazimentos minerais (dados fictícios).**

Nº	GEOSGB	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	UTM (N)	UTM (E)	ZONA	SUBSTÂNCIA	SIGLA	Grav de Importância	STATUS ECONÔMICO	CLASSE UTILITÁRIA	DADOS ECONÔMICOS (RECURSOS)	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
1	10000	Barra Grande	Acari	RN	9330105	770655	24	Areia	are	Depósito	Mina	Materiais de uso na construção civil	3800 m3	GEOSGB
2	50001	Baixada	Alexandria	RN	9330208	734566	24	Areia	are	Depósito	Garimpo	Materiais de uso na construção civil	800 m3	GEOSGB
3	60002	Barreira	Almino Afonso	RN	9331334	766666	24	Areia	are	Ocorrência	Não explorado	Materiais de uso na construção civil	Sem informação	GEOSGB
4	10500	Açude Velho	Currais Novos	RN	9285670	755545	24	Argila	arg	Depósito	Mina	Materiais de uso na construção civil	900 m3	GEOSGB
5	10500	Açude Novo	Campo Grande	RN	9335678	765657	24	Argila	arg	Ocorrência	Garimpo	Materiais de uso na construção civil	Sem informação	GEOSGB
6		Sítio Namora	Quixadá	CE	9286456	733333	24	Argila	arg	Depósito	Não explorado	Materiais de uso na construção civil	100 m3	Este trabalho
7	2000	Barra	Galinhos	RN	9289900	756789	24	Bário	Ba	Sem informação	Não explorado	Rochas e minerais industriais	Sem informação	GEOSGB
8		Cacimba	Florânia	RN	9287654	778900	24	Brita	br	Depósito	Mina	Materiais de uso na construção civil	3000 m3	Medeiros et al. (2012)
9	200	Estrito	Martins	RN	9282345	771234	24	Calcário	cc	Depósito	Garimpo	Rochas e minerais industriais	30000 m3	30000 m3
10		Fechado	Acari	RN	9243211	723456	24	Cobre	Cu	Depósito	Não explorado	Metais não ferrosos e semi-metais	10 Mt	Medeiros et al. (2012)
11		Grotá	Alexandria	RN	9290345	770655	24	Ouro	Au	Depósito	Não explorado	Gemas	10 ton	Medeiros et al. (2012)
12		Saloá	Almino Afonso	RN	9286779	734566	24	Cordierita	cdr	Ocorrência	Garimpo	Gemas	Sem informação	Cavalcanti et al. (2015)
13		Bom Conselho	Currais Novos	RN	9281234	766666	24	Ferro	Fe	Depósito	Mina	Metais ferrosos	500 Mt	Dantas (2017)
14		Saco Grande	Campo Grande	RN	9330116	755345	24	Ferro	Fe	Ocorrência	Garimpo	Metais ferrosos	Sem informação	Dantas (2017)
15		Santana	Acari	RN	9330322	765654	24	Ferro	Fe	Depósito	Não explorado	Metais ferrosos	10 Mt	Este trabalho

## 2.8 – Súmula dos Dados Físicos de Produção

Deve conter os parâmetros de produtividade do mapeamento realizado, conforme exemplo da Tabela 4.

**Tabela 4** – Exemplo de súmula dos dados físicos de produção da Folha Currais Novos.

ATRIBUTOS	UNIDADE	QUANTIDADE
Afloramentos descritos	Número	742
Amostras de rocha	Amostra	272
Análises geocronológicas U-Pb (ICP-MS-LA)	Número	5
Análises geoquímicas de sedimento de corrente	Amostra	466
Análises isotópicas Sm–Nd	Amostra	7
Análises litogeoquímicas (ICP-MS)	Amostra	91
Análises mineralógicas em concentrado de bateia	Amostra	120
Análises petrográficas	Seção delgada	183
Área mapeada	km <sup>2</sup>	3000
Caminhamento geológico	km	1370
Recursos minerais cadastrados	Número	243

# DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA

## INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOB 08 – 01.07.2020

### Carta/mapa geológico (*layout, shapes, tabelas de atributos, etc.*)

## 1 – INTRODUÇÃO

Esta instrução técnica visa orientar as equipes executoras na montagem do *layout* de cartas/mapas geológicos na plataforma *ArcGis*, já citado na Instrução Técnica DIGEOB 01, adotando-se como exemplo uma carta em escala de 1:100.000, assim como na elaboração das tabelas de atributos das *shapefiles* dos temas Estrutural e Litoestratigrafia. Mapas/cartas geológicas apresentadas em outras escalas também deverão seguir as orientações aqui definidas.

## 2 – LAYOUT DA CARTA GEOLÓGICA

O *layout* da carta geológica deverá seguir o modelo definido na Figura 1, onde é especificada a posição dos principais elementos da carta como nome da folha, legendas, quadro de relações tectonoestratigráficas, perfil geológico, encartes, escala, carimbo institucional, etc., além do tipo e tamanho das fontes que devem ser utilizadas.

Os elementos da carta deverão seguir o posicionamento conforme a Figura 1. Os itens destacados com setas vermelhas devem permanecer na posição indicada (elementos fixos), e para aqueles destacados com as setas azuis há maior flexibilidade (elementos móveis), podendo ser posicionados conforme a necessidade de ajustes.

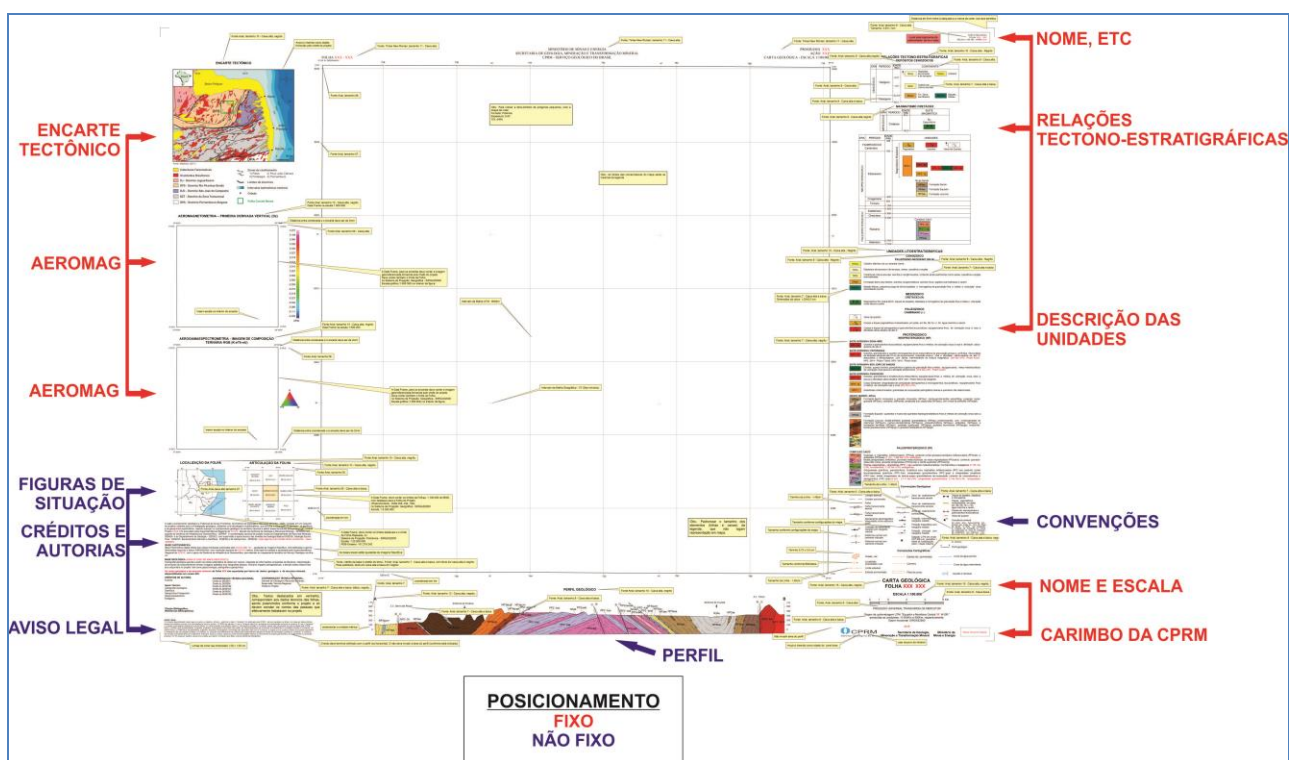


Figura 1 – *Layout* padrão da carta geológica na escala de 1:100.000

O modelo de *layout* é disponibilizado aos usuários nos formatos PDF (Figura 1) e MXD. No formato MXD, o usuário poderá importar o modelo criado pela DIGEOB para o *ArcGis*, usando o botão “Modificar *Layout*” (Figura 2), na barra de ferramentas de “*Layout*”, no *ArcMap*. O formato PDF em tamanho original é disponibilizado como anexo a este guia de procedimentos técnicos da DGM.

Após finalização dos *layouts* das folhas mapeadas, os arquivos em PDF dos mapas/cartas devem ser enviados para revisões pelo Chefe de Projeto, Supervisor, GEREMI e posteriormente enviado para a avaliação pela Divisão de Geologia Básica (DIGEOB).



**Figura 2** – Indicação de ícone para importação de modelo de *layout* na barra de ferramentas de “*Layout*” no *ArcMap*.

### 3 – ESTRUTURA DO LAYOUT DA CARTA/MAPA GEOLÓGICO NO ARCGIS

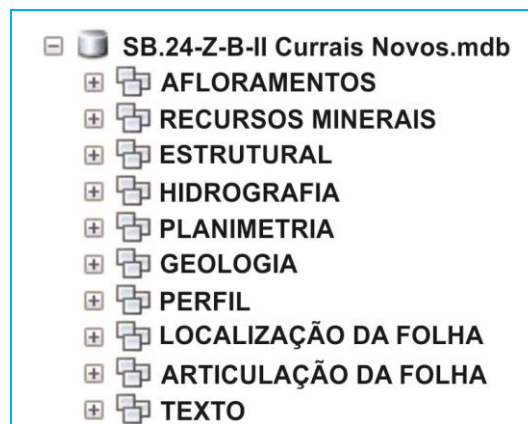
Para realizar a elaboração de mapas geológicos possibilitando a garantia de uma base de dados íntegra ao longo do tempo, os usuários devem utilizar o formato de armazenamento *Geodatabase* (GDB), que auxiliará no gerenciamento dos dados geográficos dos arquivos vetoriais.

A estrutura GDB é um banco de dados relacional que armazena dados geoespaciais. Dentre as vantagens de se usar o GDB, ao invés de arquivos individuais (ex. *Shapefiles*), está a possibilidade de gerenciamento de dados de forma centralizada, além de se evitar a perda de arquivos individuais durante a edição.

#### 3.1 – Estruturação do Geodatabase (GDB)

Para criação do GDB deve ser utilizado o próprio nome da folha que representa a carta/mapa geológico, conforme exemplo da Figura 3. No caso do mapa englobar mais de uma folha, ou uma área que não obedeça os limites das folhas cartográficas, deve ser utilizado o nome resumido do projeto/área.

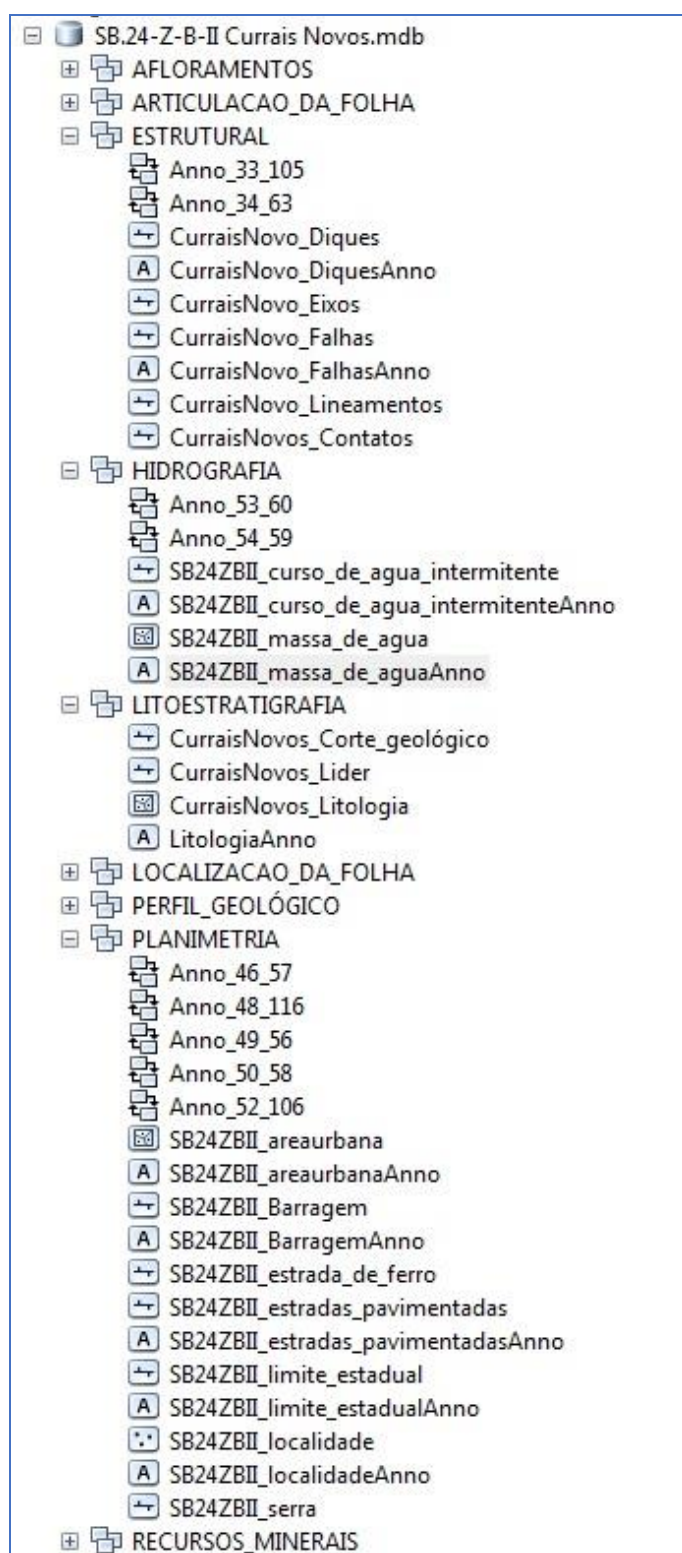
No *geodatabase* devem ser criados *datasets* nos diversos temas (ex. Afloramentos, Estruturas, Planimetria, etc.), seguindo-se o modelo apresentado na Figura 3. Na criação do *dataset*, deve ser definido o sistema de projeção cartográfica geográfica e o DATUM SIRGAS 2000, que automaticamente será válido para todas as *feature classes*.



**Figura 3** – Modelo de estruturação do *geodatabase* em *datasets*.

Para se evitar duplicidade dos nomes dos *datasets* dentro de um *geodatabase*, é importante que durante a elaboração do *layout* da carta/mapa o técnico responsável sempre trabalhe com a versão final da *feature class* (feição).

Um *dataset* pode conter uma ou mais *feature class*. Por exemplo, no *dataset* Planimetria, podem ser inseridas as *feature classes*: limite estadual, limite municipal, área urbana, localidades, capital, propriedade rural, cidade, limite da folha, estradas, curvas de nível, etc. (Figura 4). As convenções cartográficas são variáveis em função das necessidades do projeto (pode-se adotar como referência a biblioteca da DICART\_BASE, disponibilizada no GeoSGB).



**Figura 4** – Exemplo de *feature classes* contidas em *datasets*.

Ao criar as feições deve-se atentar aos nomes dados a elas. Para os elementos dos *datasets* Planimetria e Hidrografia, adotar modelo já utilizado na CPRM (Ex.SB.24-Z-B-II\_estradas, SB.24-Z-B-II\_curso\_de\_agua\_intermitente). Tratando-se de outras feições inseridas em outros *datasets*, como o de Litoestratigrafia e Estrutural, estas deverão ser nomeadas fazendo-se alusão ao nome da Folha Cartográfica, da seguinte forma: CurraisNovos\_Litologia, CurraisNovos\_Lineamentos (Figura 4).

### 3.2 – Criação de data frames

Na organização do *layout* ds carta/mapa, as *datas frames* servirão para compor os encartes que serão inseridos pelos executores do projeto e seguirão o modelo padrão estabelecido nesta instrução técnica. Estas deverão ser nomeadas conforme exemplo da Figura 5, seguindo orientações dos tópicos abaixo.

O sistema de projeção a ser utilizado nas *data frames* deverá ser o de coordenadas geográficas, exceto na *data frame* **Geologia**, na qual se deve ser utilizada o sistema de coordena projetada UTM e **Localização da Folha**, utilizar a projeção policônica. O *datum* SIRGAS 2000 deve ser utilizado em todos os casos.

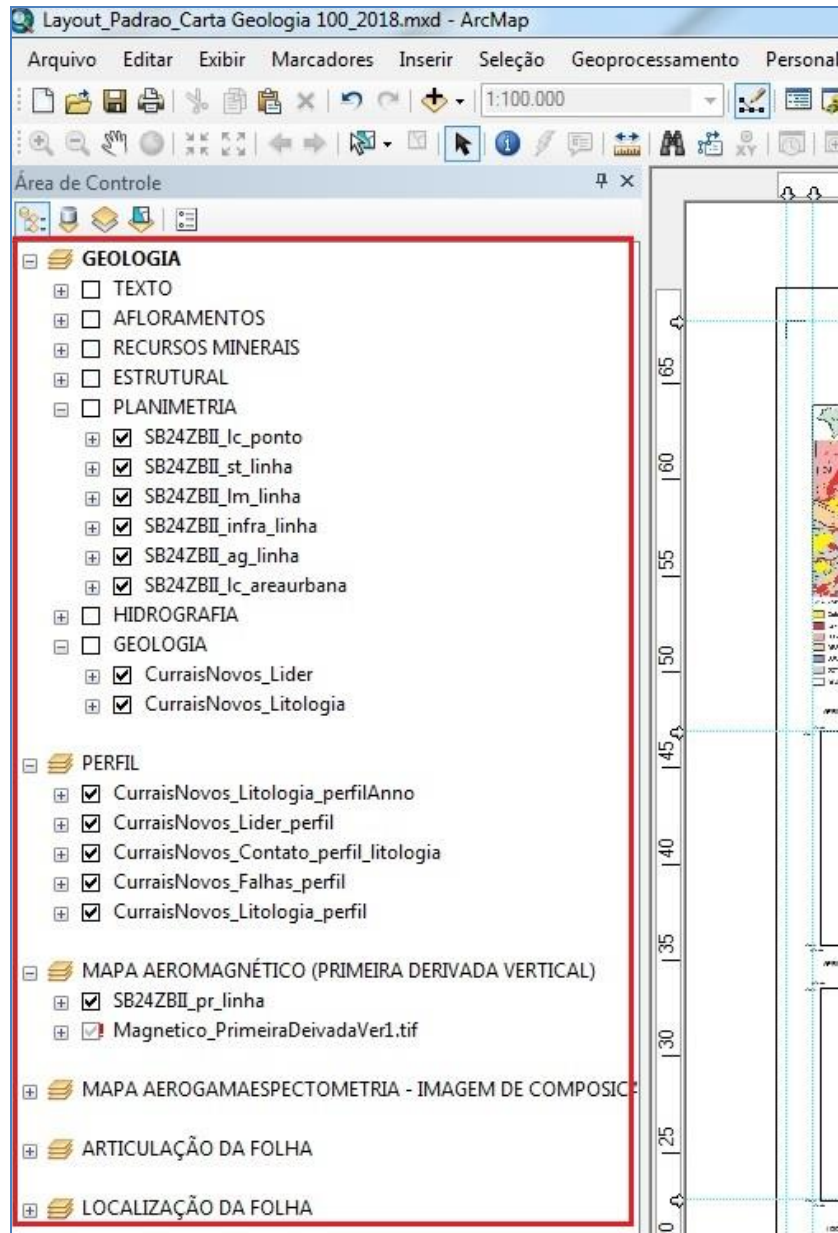


Figura 5 – Modelo de estruturação de *data frames*.

**Data frame Geologia** – Esta *data frame* corresponde a carta/mapa geológico, e nela deverão ser acrescentados todos os arquivos de feições (*feature class*) que comporão o mapa, como litoestratigrafia, estrutural (pontos/medidas estruturais e linhas), recursos minerais, geocronologia, base planimétricas, etc.

No caso das *features class* de geocronologia, estruturas pontuais (medidas estruturais), recursos minerais, etc., em função da quantidade e aglutinação local de dados, nem sempre é possível exibir todos os pontos existentes no mapa em PDF. Nestes casos, devem ser exibidos no mapa os dados de maior importância. No entanto, destaca-se que todas as informações devem ser inseridas nas bases de dados do projeto, que serão disponibilizadas no GeoSGB.

**Data frames de Magnetometria e Gamaespectrometria** – Estas representam os encartes nos temas geofísicos, e deverão exibir imagens GEOTIFF da magnetometria e gamaespectrometria, cuja escala de apresentação pode variar em função da escala da carta/mapa. No caso de mapas de folhas 1:100.000, esta deve ser apresentada na escala 1:500.000. Nestas *data frames* podem ser exibidas também feições para destacar algum elemento geológico importante, como por exemplo, limites entre domínios tectônicos. Os temas geofísicos a serem inseridos como encartes, devem ser aqueles que representem melhor as feições geológicas que se quer mostrar na área.

**Data frame Localização da Folha** – Esta *data frame* deverá obrigatoriamente constar como encarte, e nela são apresentados elementos básicos vetoriais, como o limite da folha mapeada (ou conjunto folhas), além de informações geográficas, como limites estaduais, cidades, hidrografia principal, etc. No caso de mapa de folhas 1:100.000, esta *data frame* deve ser apresentada na escala 1:20.000.000.

**Data frame Articulação da Folha** – Esta *data frame* deverá apresentar os limites das folhas cartográficas que se avizinham à folha representada no mapa, com destaque a esta última. Deverá constar como encarte na escala 1:3.300.000, e a nomenclatura das folhas cartográficas deverá ser aquela definida pelo IBGE.

**Data frame Geologia + Relevo Sombreado** – Esta *data frame* é opcional. No caso de cartas/mapas de folhas 1:100.000, também deve ser apresentada na escala 1:500.000, assim como os encartes geofísicos, e ser posicionada abaixo destes. Nela será exibida a fusão do relevo sombreado com a geologia. Outras *features class* poderão ser adicionadas, como por exemplo, as estações geológicas estudadas ou feições que destacam algum elemento geológico importante.

**Data Frame Perfil Geológico** – Essa *data frame* deverá obrigatoriamente constar no *layout*, adotando-se a mesma escala horizontal do mapa, enquanto que para a escala vertical é sugerido exagero vertical de no máximo 10 vezes. Em algumas situações específicas, por exemplo, em áreas planas ou diante da necessidade de se ressaltar corpos muito estreitos, podem ser utilizados valores de exageros superiores na escala vertical e horizontal, respectivamente.

O perfil geológico representado nesta *data frame* deverá conter todas as informações geológicas do mapa, por onde passa a linha do perfil, e no caso mais usual, que são perfis em que se utiliza a mesma escala horizontal do mapa, deve ser respeitada a largura dos corpos mapeados.

O perfil geológico pode ser gerado em outro *software*, e inserido no *layout* como figura ou objeto, permitindo sua edição imediata no *layout*.

### 3.3 – Simbologia das convenções cartográficas

As simbologias das convenções cartográficas que devem ser aplicadas nos arquivos da planimetria são aquelas definidas pela Divisão de Cartografia (DICART), disponibilizadas para *download* no GeoSGB (<http://geosgb.cprm.gov.br/>) em Tutorias e Paletas de cores.

### 3.4 – Simbologias das convenções geológicas

São disponibilizadas simbologias lineares e pontuais para estruturas e feições geológicas, cujas dimensões são compatíveis com a escala 1:100.000, ou maiores. No caso de escalas menores, recomenda-se uma redução de no máximo 20% nas dimensões destes símbolos.

Para utilização das bibliotecas de símbolos, é necessário a instalação do arquivo de “Fontes” da CPRM (CPRM\_Fontes.ttf), disponibilizado para *download* no GeoSGB (<http://geosgb.cprm.gov.br/>) em Tutorias e Paletas de cores. Para instalação deste arquivo é necessário dar um duplo clique no arquivo CPRM\_Fontes, e em seguida clicar em “Instalar”, conforme Figura 6.



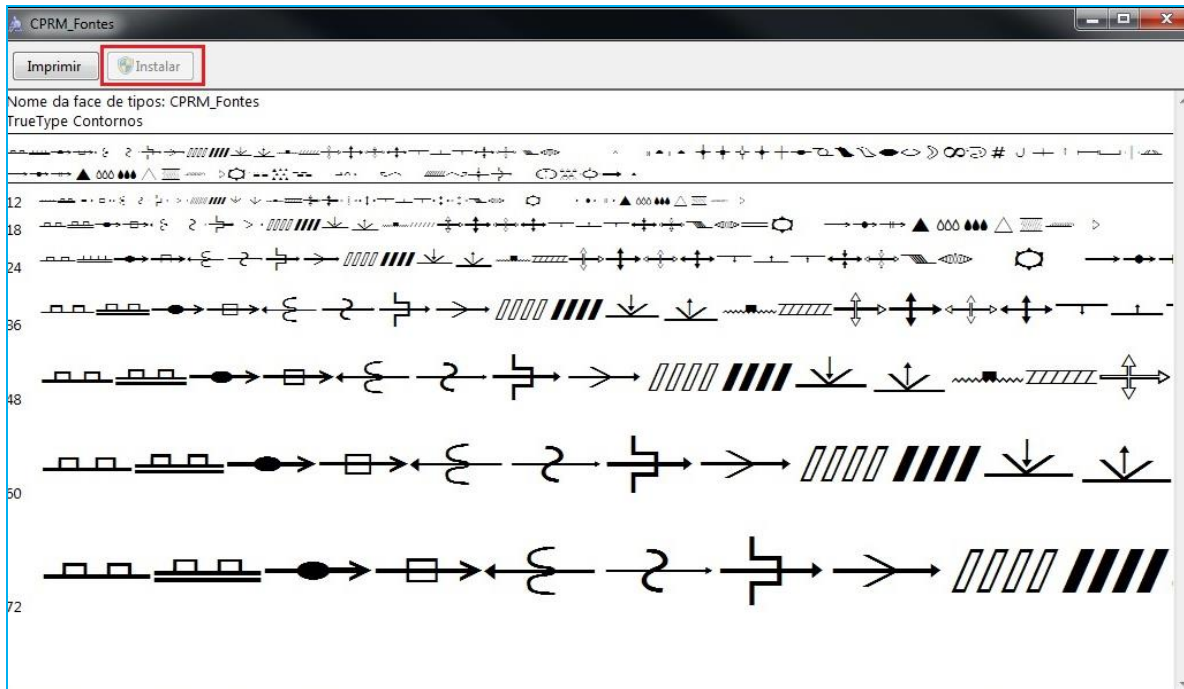


Figura 6 – Visualização da tela para instalação do arquivo CPRM\_Fontes.ttf.

Após instalação do CPRM\_Fontes.ttf, devem ser adicionados na pasta *Styles* os arquivos das bibliotecas de simbologias de estruturas, geocronologia, recursos minerais, e da base cartográfica, disponibilizados no GeoSGB (Figura 7).

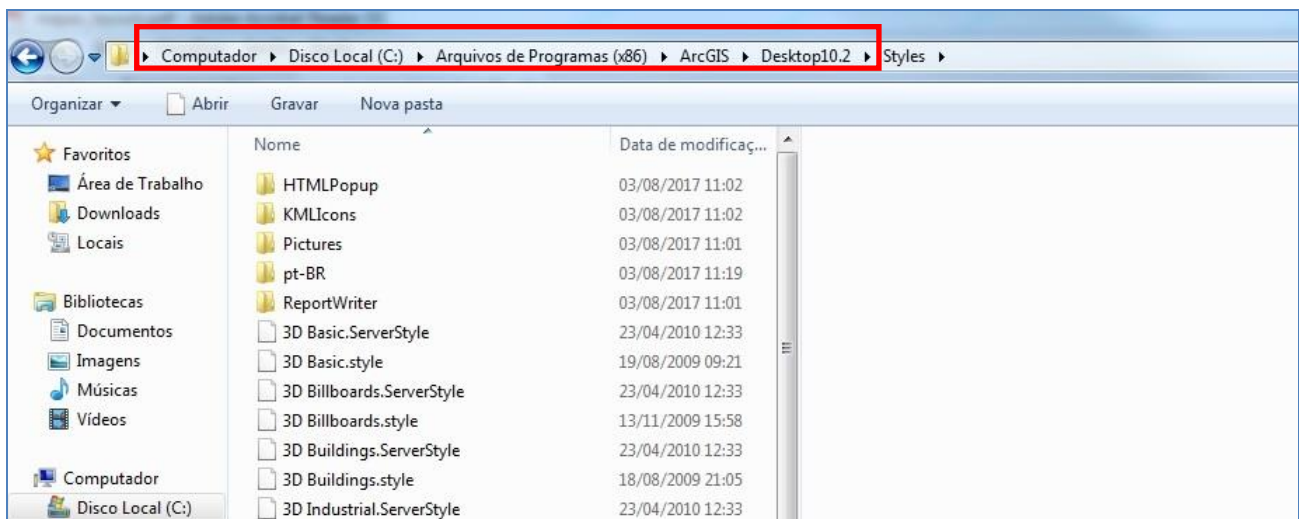


Figura 7 – Diretório para instalação das simbologias *Styles* da CPRM.

#### 4 – CAMPOS DE TABELAS DE ATRIBUTOS

Com objetivo de se padronizar a elaboração das tabelas de atributos das *shapes* de Litoestratigrafia e Estrutural, são apresentados os campos obrigatórios em cada tema.

**Shape de Litoestratigrafia** – Nessa *shape* a tabela de atributos precisa conter obrigatoriamente os campos SIGLA\_UNID, HIERARQUIA e NOME\_UNIDA, conforme Tabela 1.

- SIGLA\_UNID: Identidade única da unidade litoestratigráfica. É o campo de chave primária e obrigatória, que liga a tabela aos polígonos cartografados. Através desse campo será possível

realizar um *join* para preencher de forma automática as outras informações contidas na base de dados do GeoSGB. Vale ressaltar que o preenchimento incorreto do campo impossibilitará buscar os outros dados do banco;

- HIERARQUIA: Esse campo se destina ao enquadramento hierárquico da unidade litoestratigráfica (Ex: Grupo, Formação, Complexo, etc.);
- NOME DA UNIDADE: Denominação formal ou informal da unidade litoestratigráfica utilizada no projeto em consonância com a base Litoestratigráfica do GeoSGB (Ex. Caicó, Seridó, etc.).

**Tabela 1** – Exemplo da tabela de atributos da *shape* de Litoestratigrafia.

SIGLA_UNID	HIERARQUIA	NOME_UNIDA
NP3_gamma_2it	Suíte Intrusiva	Itaporanga
NP3sju	Formação	Jucurutu
NP3sjucs	Litofácies	Jucurutu, Calciossilicática
NP3sjum	Litofácies	Jucurutu, Mármore
PP2cai	Complexo	Caicó
PP2caivs	Unidade	Caicó, Metavulcanossedimentar
NP3ss	Formação	Seridó

**Shape de Estrutural (linha)** – Nesta *shape* a tabela de atributos deve ser elaborada contendo os dois campos observados na Tabela 2, e abaixo discriminados.

**Tabela 2** – Exemplo da tabela de atributos da *shape* de estrutural.

TIPO_ESTRUTURA	NMESTRUTURA
Domo	Domo de Mangue Seco
Falha transcorrente dextral	Falha Samambaia
Falha transcorrente dextral	Falha São Rafael
Falha transtracional dextral	
Lineamentos estruturais	
Sinclinal ou sinforme normal com caimento indicado	
Zona de cisalhamento indiscriminada	
Zona de cisalhamento transcorrente dextral	
Zona de cisalhamento transcorrente dextral	Z. C. Picuí - João Câmara
Zona de cisalhamento transcorrente dextral	Z.C. Portalegre
Zona de cisalhamento transcorrente sinistral	

## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com objetivo de se padronizar a elaboração das tabelas de atributos das *shapes* de Litoestratigrafia e Estrutural, são apresentados os campos obrigatórios em cada tema.

Após finalização dos *layouts* e geração dos arquivos PDF das folhas mapeadas no âmbito do projeto, deverão ser realizadas revisões pelo corpo técnico e gerencial da unidade regional (Chefe de projeto, Supervisores, GEREMI), tantas vezes quantas forem necessárias, e somente após aprovação dos produtos pelo GEREMI, o mesmo deverá ser enviado para avaliação pelo departamento responsável (DEGEO ou DEREM), acompanhado do formulário AQP (Avaliação da Qualidade do Produto) e da tabela das Unidades Litoestratigráficas-Cadastro no GeoSGB (Tabela GeoSGB).

Concluídas as revisões da carta/mapa e da Tabela GeoSGB, e aprovação pela DIGEOB, os arquivos vetoriais, especificamente as *shapes* de Litoestratigrafia, Estrutural, Planimetria e Hidrografia, devem ser encaminhados, juntamente com o arquivo PDF da carta/mapa e a referida tabela, para a chefia do DEGEO, que encaminha todos os arquivos à DIGEOP, solicitando publicação no GeoSGB.

É importante destacar que o usuário terá acesso as informações pontuais como, Afloramentos, Medidas Estruturais e Recursos Minerais, acessando as bases de dados do GeoSGB, uma vez que estes entram no sistema através do preenchimento do aplicativo AFLORA.

## **DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA**

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOb 09 – 01.07.2020**

#### **Coleta de amostras em campo (petrografia, orientada, litogeoquímica, espectrorradiometria, geocronologia e paleontologia)**

## **1 – INTRODUÇÃO**

Esta instrução técnica tem por objetivo orientar na coleta de amostras de campo, considerando as peculiaridades dos processos laboratoriais aos quais estas deverão ser submetidas. Assim, serão abordados tópicos que devem nortear a coleta de amostras para petrografia, litogeoquímica, espectrorradiometria, geocronologia, paleontologia e para estudo de estruturas primárias e/ou tectônicas (amostra orientada).

Algumas recomendações são pertinentes a todos os tipos de amostragem:

- A amostragem deve ser sistemática e ser realizada, preferencialmente, com o conhecimento prévio da área, considerando a natureza, heterogeneidade e complexidade das unidades litoestratigráficas, devendo ser coletado um volume suficiente para todas as análises previstas e para o armazenamento de uma porção da amostra;
- Uma boa descrição do afloramento com desenhos e/ou registros fotográficos do contexto onde a amostra será coletada deve ser sempre o primeiro passo;
- É importante considerar que o sucesso na interpretação dos resultados dos diversos tipos de análise a que a amostra será submetida, decorre, em grande parte, do procedimento de amostragem, e que este representa parte bastante onerosa do estudo;
- Independentemente de sua natureza, após a coleta, o número de controle (centro de custo do projeto, sigla do geólogo, número do afloramento) deve ser imediatamente registrado na amostra, ou no recipiente que a envolve, conforme a Instrução Técnica sobre numeração de pontos descritos, amostras e fotografias.

## **2 – COLETA DE AMOSTRAS PARA ESTUDOS PETROGRÁFICOS**

A amostragem para estudos petrográficos deve considerar, além da variedade litológica existente, a estrutura da rocha. Segem algumas recomendações sobre o tema:

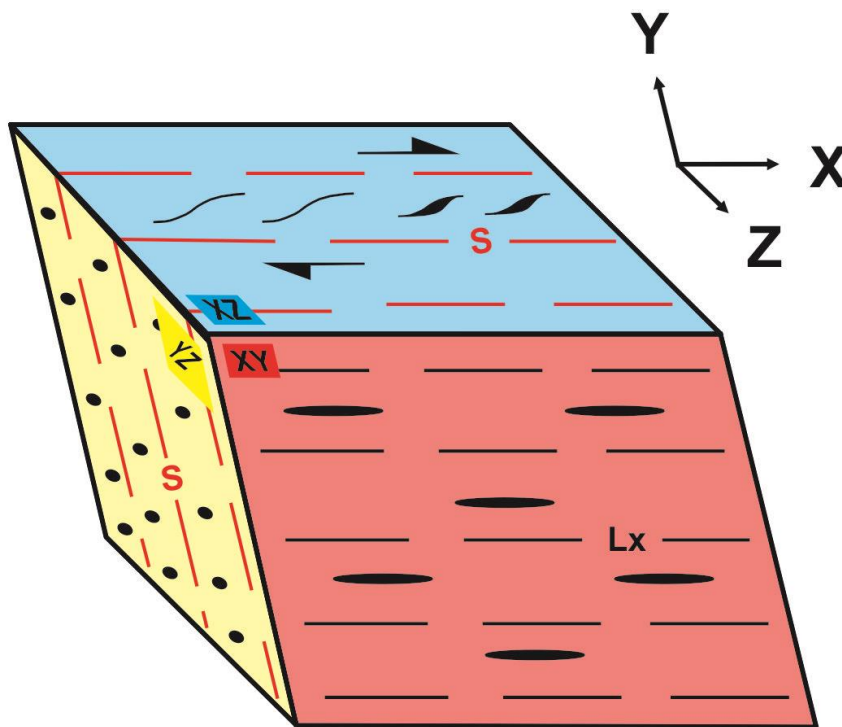
- Para caracterizar rochas com estrutura homogênea (ex. granito isotrópico, quartzarenito) apenas uma amostra é suficiente para o estudo petrográfico;
- No caso de rochas com heterogeneidades (ex. gnaíse, migmatito, granitoides contendo enclaves, ritmitos, conglomerados polimíticos, feições de mistura, zonas de alteração, etc.) deve ser coletado um conjunto de amostras que contemple as diferentes litologias;
- Em geral, amostras com dimensões de 5cm x 10cm x 15cm atendem às condições necessárias para as análises macroscópicas e confecção de lâminas petrográficas;
- A amostragem deve priorizar a porção mais preservada do afloramento, livre de feições intempéricas;
- Em estudos específicos de zonas de alteração, amostras representativas desta alteração devem ser coletadas;
- Pode-se também coletar amostras de regolito, crostas lateríticas, solo ou outros materiais geológicos inconsolidados se houver interesse para a pesquisa em andamento;
- Amostras de rochas muito alteradas ou materiais inconsolidados são submetidos a uma metodologia diferenciada na preparação da lâminas petrográficas.

### 3 – COLETA DE AMOSTRAS ORIENTADAS

As amostras orientadas devem ser coletadas para estudos que envolvam posicionamento geográfico das feições a serem avaliadas (estruturas geopetais, fluxos magmáticos e sedimentares, feições tectônicas, etc.).

São comumente utilizadas na caracterização de rochas miloníticas, como auxílio à identificação de indicadores cinemáticos e determinação de *strain* (Figura 1). A coleta de amostras orientadas permite, de uma forma geral, a caracterização das microfieções, como por exemplo orientações preferenciais de minerais e feições de superposição e auxiliam na caracterização da geologia estrutural da área de trabalho.

Neste contexto a Figura 1 ressalta uma amostra com as seções idealizadas pelos eixos XYZ (*strain*), onde a seção YZ (cor amarela na Figura 1) é a indicada para a caracterização petrográfica; na seção XY (cor vermelha na Figura 1) estariam expressos os objetos/minerais alinhados/estirados, enquanto que a seção XZ (cor azul na Figura 1) seria a mais propícia para observar critérios cinemáticos.

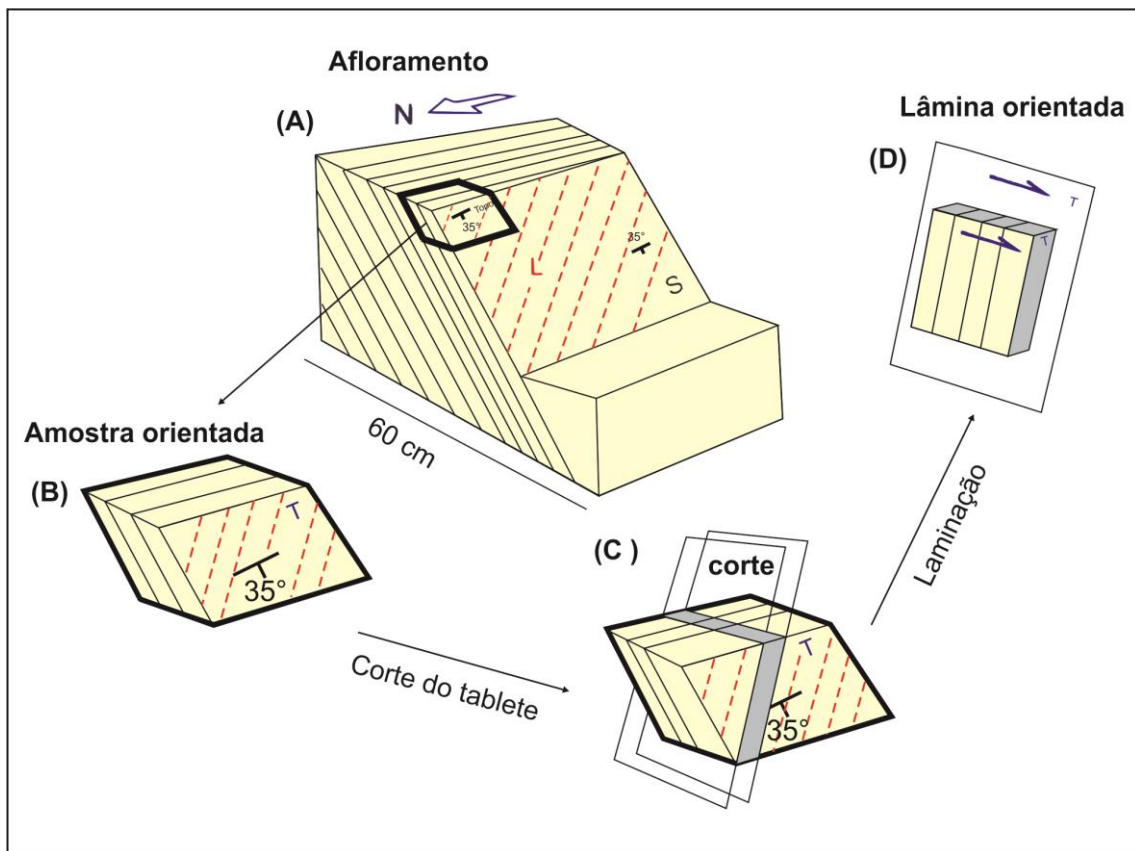


**Figura 1**– Modelo esquemático ressaltando as seções YZ, XY e XZ do elipsoide de *strain*, as quais são planos orientativos para a confecção de seções delgadas.

Os procedimentos para a coleta de amostras orientadas são:

- Selecionar, no afloramento, a parte onde as feições deformacionais planares ou lineares, ou outra que seja objetivo do estudo, como charneiras de dobras por exemplo, estejam bem desenvolvidas (Figura 2A);
- Efetuar as medidas dos elementos estruturais necessários (foliações, lineações, acamamentos, etc.). Esses elementos servirão como orientação espacial da amostra;
- Na sequência, marcar sobre a amostra, em um plano de referência selecionado (preferencialmente a foliação), as medidas tomadas para o *strike* e mergulho desse plano, usando o símbolo apropriado (Figura 2B);
- Marque o topo da amostra com um “T”, exatamente sobre o plano de referência adotado (Figura 2B). Adicionalmente, quando observadas feições lineares, estas podem ser igualmente marcadas na superfície da amostra;

- Use uma caneta com tinta à prova d'água. Registre os dados em sua caderneta de campo, faça um desenho da amostra coletada e tire uma fotografia (com todos os dados inscritos na mesma). Estes procedimentos permitem resgatar qualquer informação espacial após a coleta.



**Figura 2** – Croquis esquemáticos para coleta de amostra orientada. T=topo; S=foliação; L=lineação.

### 3.1 - Lâmina Delgada em Amostra Orientada

Na preparação de uma seção delgada orientada para estudos microtectônicos, os procedimentos são:

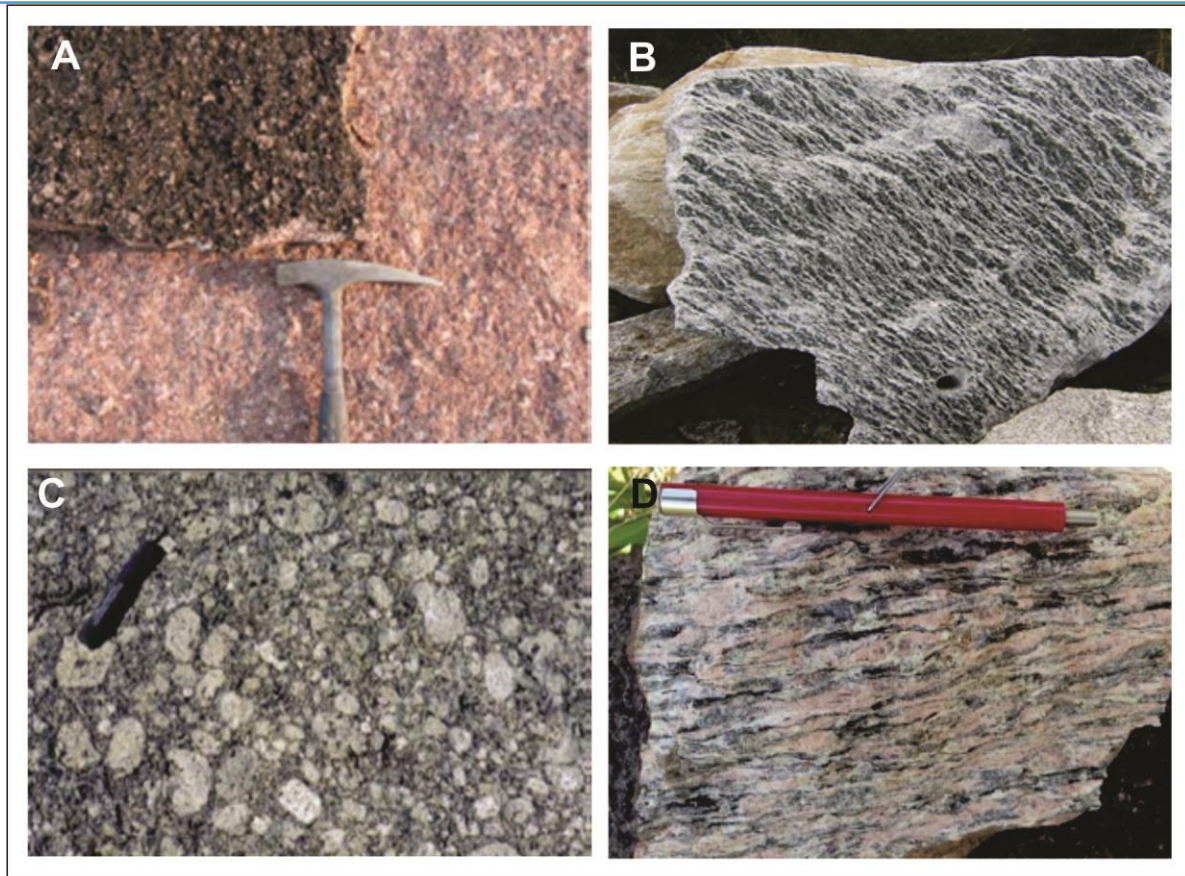
- Serrar o tablete a ser laminado paralelamente à lineação e ortogonalmente à foliação da rocha (Figura 2C);
- Marcar no tablete de rocha obtido com o corte da amostra, uma seta com uma só farpa apontando em direção ao topo (T) marcado na amostra orientada no afloramento (Figura 2D).
- Colar o tablete na lâmina com a face que contém a indicação da seta voltada para cima. Na sequência, a seta deve ser gravada na lâmina (Figura 2D). Este procedimento permite resgatar a informação original no espaço.
- O sentido do cisalhamento determinado na seção delgada, por exemplo, pode ser diretamente relacionado ao da amostra e, portanto, ao do afloramento.

## 4 – COLETA DE AMOSTRAS PARA LITOGEOQUÍMICA

Este item visa orientar a coleta de amostras para análises litogeoquímicas direcionadas para a definição da tipologia, associações petroectônicas, ambientes geodinâmicos e petrogênese, em auxílio à caracterização de unidades litoestratigráficas nos trabalhos de mapeamento geológico.

Uma boa amostragem para estudos litogeoquímicos deve considerar a questão da representatividade do conjunto de amostras coletadas em relação à distribuição areal das unidades litoestratigráficas a serem caracterizadas, e sua relevância no contexto geológico. Os afloramentos mais representativos de cada unidade devem ser amostrados. Neste contexto seguem algumas considerações e recomendações:

- Idealmente devem ser coletadas amostras frescas e homogêneas;
- Rochas e afloramentos homogêneos são facilmente amostrados, bastando considerar o tamanho adequado da amostra a ser coletada;
- O tamanho de cada amostra deve ser avaliado considerando-se as características da rocha em estudo. De uma forma geral, deve-se coletar um volume de amostra aproximadamente 10 vezes maior que o maior dos minerais constituintes da rocha. De forma prática, para rochas de granulação fina-média (0,1 a 5 mm), equigranulares, apenas 1 kg de amostra é suficiente para análises litoquímicas (figuras 3A e 3B). No entanto, para rochas com grãos grossos a muito grossos (~1cm a superior), devem ser coletados algo em torno de 10 a 20 kg de amostra (figuras 3C e 3D);
- No caso de amostras de grandes volumes, é recomendável que sejam partidas em fragmentos menores (até o tamanho de um ou dois punhos) no próprio afloramento. Este procedimento visa evitar possíveis contaminações, garantindo que nenhum elemento estranho (como pequenos xenólitos em granitoides, por exemplo) esteja presente, e também facilitando o início do tratamento laboratorial;
- Porções da amostra com possíveis marcações em caneta ou restos de fita crepe devem ser descartadas;
- Para amostragem de rochas porfíricas deve-se buscar uma seção do afloramento que seja representativa da proporção geral de matriz e fenocristais (Figura 4);
- Em afloramentos contendo rochas deformadas, é recomendável amostrar as porções menos deformadas, pois devem representar a composição mais próxima da rocha original (protólito);
- Em afloramentos muito heterogêneos e complexos, recomenda-se que várias amostras sejam coletadas, de forma a contemplar cada um dos componentes da rocha em separado. Alguns exemplos de afloramentos heterogêneos, como granitoides contendo enclaves ou xenólitos, rochas bandadas ou ainda afloramentos mais complexos de rochas migmatíticas, são ilustrados nas figuras 5 e 6;
- Para tais afloramentos complexos ou muito heterogêneos, é essencial que a localização de cada amostra seja discriminada em um croqui do afloramento (incluindo fotografias), para embasar futuras interpretações dos dados laboratoriais.



**Figura 3** – Exemplos de amostragens: A) granitoide equigranular com granulação fina-média (amostragem  $\pm 1$ kg); B) biotita xisto (amostragem de pequeno volume  $\pm 1$ kg); C) granitoide porfirítico com matriz grossa (amostragem  $\pm 10$  a 20 kg); D) milonito de granulação grossa com bandamento anastomosado (amostragem  $\pm 10$  a 20kg).

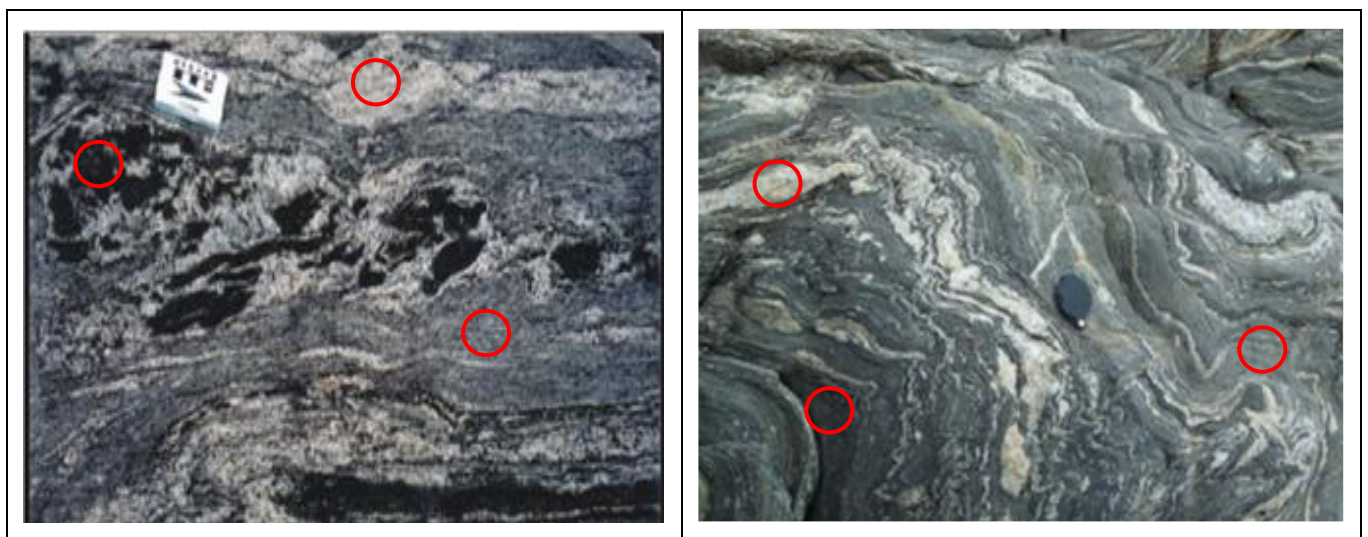


**Figura 4** – Granito porfirítico com matriz fina a média (amostragem  $\pm 10$  a 20kg, incluindo matriz e fenocristais).





**Figura 5** – Indicação de locais para amostragem (círculos vermelhos) de granitoides com enclaves e rochas bandadas, onde deve ser coletada individualmente amostras em cada tipo de rocha/banda.



**Figura 6** – Indicação de locais (círculos vermelhos) para amostragem de rochas migmatíticas, onde devem ser amostradas cada porção/banda homogênea da rocha.

## 5 – COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES ESPECTRORRADIOMÉTRICAS

As amostras devem ser representativas do afloramento e das mineralizações que se tem interesse, respeitando-se as variações locais que devem ser registradas na descrição macroscópica das amostras.

Devem possuir o tamanho aproximado de 10 a 12 cm de comprimento, de 6 a 6 cm de largura e 4 a 6 cm de espessura (Figura 7).



Figura 7 – Exemplo do tamanho de uma amostra coletada no campo, visando estudos espectrorradiométricos.

No caso de haver no afloramento rochas com graus variáveis de alteração intempérica ou hidrotermal, deve-se coletar tanto amostras frescas (inalteradas), como alteradas, do mesmo tipo litológico (Figura 8).

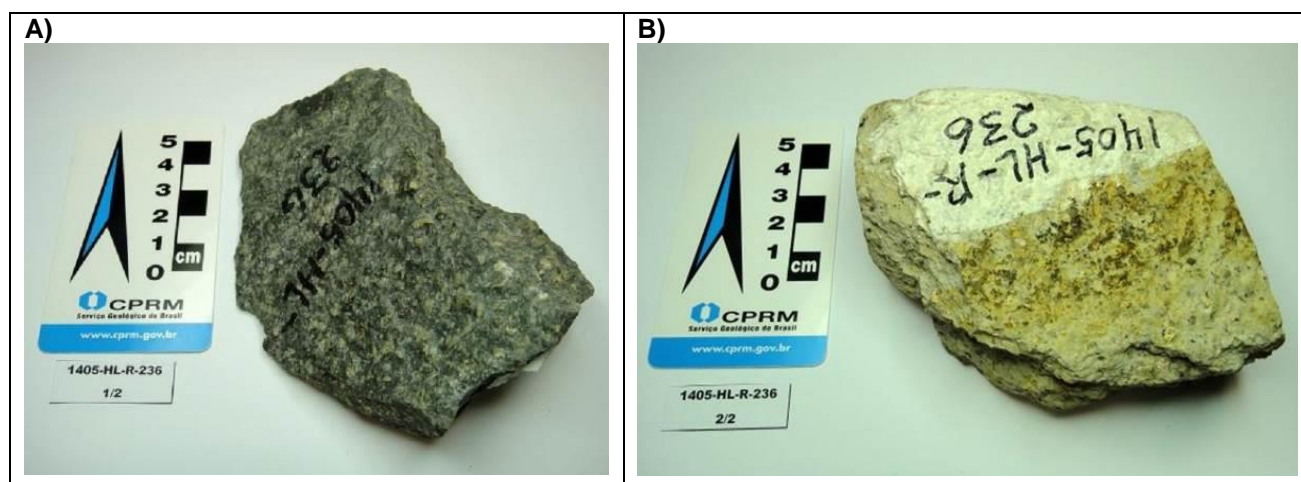


Figura 8 – Amostra de rocha fresca (A) e amostra de rocha alterada (B), representativas do mesmo tipo litológico.

Caso haja solo residual (“in loco”), materiais inconsolidados ou mesmo se a rocha estiver muito friável, estes materiais também devem ser coletados para análise. Aproximadamente 100 gramas de material são suficientes para a realização das medidas espectrorradiométricas (Figura 9).



Figura 9 – Exemplos de amostras de solo e rocha friável para medidas espectrorradiométricas.

## **6 – COLETA DE AMOSTRAS PARA GEOCRONOLOGIA**

Os procedimentos para a coleta de amostras para geocronologia são detalhados na Instrução Técnica da Divisão de Geodinâmica (DIGEOD) sobre procedimentos de geocronologia e análises isotópicas.

## **7 – COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES PALEONTOLÓGICAS**

Os procedimentos para a coleta de amostras para análises paleontológicas são detalhados na Instrução Técnica da Divisão de Estratigrafia, Paleontologia e Sedimentologia (DIPALE) sobre os procedimentos de coleta e recuperação de fósseis.

# DIVISÃO DE GEODINÂMICA

## INSTRUÇÃO TÉCNICA DIGEOD 01 – 01.07.2020

### Procedimentos de geocronologia e análises isotópicas

## 1 – INTRODUÇÃO

Este guia visa fornecer orientações ao usuário que deseja realizar análises isotópicas como ferramenta para auxiliar no entendimento de processos geológicos. Nele são apresentados procedimentos de coleta e encaminhamento de amostras, linhas gerais para a seleção das metodologias a serem utilizadas, bem como formulários para planejamento e solicitação de análises. Mais detalhes relativos aos diferentes sistemas isotópicos e metodologias analíticas devem ser buscados na literatura.

Até o momento o Serviço Geológico do Brasil-CPRM não dispõe de equipamentos/laboratórios para análises de muitos métodos tratados aqui, assim, dependemos da contratação de laboratórios externos. A dependência da contratação implica que a lista de análises disponíveis pode variar ao longo do tempo. A Divisão de Geodinâmica (DIGEOD) é responsável pela gestão e apoio destas análises. Assim, para sua realização, cada projeto deve fazer a sua programação em conjunto com a DIGEOD, que poderá auxiliar na seleção da metodologia mais indicada para a solução do problema geológico, assim como informará os métodos analíticos disponíveis..

## 2 – COLETA E SELEÇÃO DE AMOSTRAS

### 2.1 – Informações gerais

O pesquisador em trabalho de campo deve ter em mente que a coleta adequada é fundamental para o sucesso de análises geocronológicas e isotópicas. A seleção das amostras deve ser realizada após a observação das relações estratigráficas em campo entre unidades e da definição dos problemas que precisam ser solucionados. Embora aparentemente simples, o procedimento de coleta, embalagem e rotulagem do material geológico durante as campanhas de campo é uma das etapas mais importantes para a obtenção de bons resultados analíticos, já que amostragens imprecisas e/ou episódios de contaminação podem, por exemplo, acarretar em desperdício de tempo e de recursos financeiros. Seleção de amostras, procedimento de coleta, preparação e encaminhamento adequados aumentam bastante a possibilidade de sucesso e a qualidade das análises, além de auxiliar os responsáveis pelos trabalhos laboratoriais na identificação de imprecisões nos resultados analíticos.

➤ Procedimentos básicos indicados durante as coletas de amostras são:

- Definição correta do litotipo para determinação da quantidade ideal de material a ser coletado e metodologias a serem aplicadas. O volume coletado de amostras varia de acordo com o tipo de rocha, e com o método a ser empregado, como detalhado a frente;
- Em afloramentos complexos e heterogêneos, a amostragem deve individualizar litotipos distintos. O geólogo deverá identificar no afloramento a presença de enclaves, xenólitos, autólitos, mobilizados graníticos, intrusões locais, bandas de diferentes composições, diques, veios, camadas com diferentes composições, seixos e matriz de conglomerados, etc. Cada litotipo amostrado deve representar um evento distinto;
- O afloramento é o melhor local para quebra e redução do tamanho dos fragmentos das amostras coletadas. As frações não devem ultrapassar 8 cm de diâmetro (aproximadamente o tamanho de um punho fechado) e, se maiores, devem ser reduzidos em locais livres de contaminação. O uso de serras, martelos ou prensas em laboratório pode ocasionar eventuais contaminações, em especial para análises isotópicas de Re-Os e Pb-Pb, portanto é o procedimento menos recomendado. Mesmo no campo deve-se tomar cuidado para não permitir o contato da amostra com materiais contaminantes presentes nos arredores do afloramento, como os que ocorrem em margens de drenagens ou encostas com deslizamento de solos;
- Após coleta e fragmentação (campo ou laboratório), a amostra deve ser imediatamente guardada em saco resistente de plástico, devidamente etiquetado, até a preparação para análises. Cuidados

na identificação do material, como a utilização de mais de uma etiqueta (evitar a colagem de fitas diretamente na amostra), são necessários para evitar casos de perda ou troca de amostras. A identificação das amostras coletadas é prevista na instrução técnica normativa relacionada ao tema.

## 2.2 – Volume de amostra

O volume de material a ser coletado varia em função do litotipo, do objetivo da amostragem e método analítico a ser empregado. Minerais como o zircão, comum em diversos tipos de rochas, podem ser encontrados já em pequenas quantidades de material processado, especialmente em rochas magmáticas félsicas, a exemplo de rochas granitoides e seus correspondentes metamórficos. Por outro lado, para rochas máficas é necessário o processamento de maior volume de material para que se obtenha alguns grãos, ou por vezes nenhum.

Além disto, durante a coleta deve-se prever que os procedimentos adotados pelos laboratórios da Rede LAMIN do SGB-CPRM demandam ainda certa quantidade de material para “contaminação” de britadores e moinhos antes da fragmentação da amostra, o qual é posteriormente descartado.

Os quantitativos indicados para coleta em campo de grupo/tipo de rocha se encontram na Tabela 1.

**Tabela 1** – Volumes sugeridos para amostras destinadas a análises isotópicas em rocha total e minerais. Modificada de Castro et al. (2012).

PREPARAÇÃO	ALVO	ROCHA	VOLUME
Separação de Minerais	Minerais traços para análise U-Pb*	Félsicas, sedimentares siltosas ou mais grossas (e seus correspondentes metamórficos)	10 fragmentos com ~ 8 cm de diâmetro (cerca de 7 Kg)
		Máficas e sedimentares argilosas (e seus correspondentes metamórficos)	20 fragmentos com ~ 8 cm de diâmetro (cerca de 12 Kg)
		Ultramáficas** (e seus correspondentes metamórficos)	Até 40 Kg
	Minerais essenciais*** (feldspato, anfibólio, granada, etc.)	Todos os tipos de rocha	4 fragmentos de rocha com ~ 8 cm cada
Pulverização	Rocha Total **** para análises Sm-Nd, Rb-Sr, Sr-Sr, Re-Os, etc.	Rochas de granulação fina	4 fragmentos de rocha com ~ 8 cm cada
		Rochas de granulação média, grossa, pegmatoide	Diversos fragmentos (~ 8 cm) que sejam equivalentes a 30 vezes o tamanho do maior grão encontrado na rocha

\* Em geral zircão, mas pode variar em função da composição da rocha e dos minerais associados, tais como monazita, rutilo, titanita, perovskita e badeleita.

\*\* Dado o alto risco de insucesso devido à raridade de minerais datáveis neste tipo de rocha, é aconselhável que a seleção de rochas ultramáficas para separação de zircão ou badeleita seja auxiliada pela avaliação de análises químicas, que deverão indicar aquelas com os maiores conteúdos de zircônio em sua composição.

\*\*\* Selecionados para análises Ar-Ar, isócronas minerais, isótopos estáveis, entre outros.

\*\*\*\* Para análises Rb-Sr e Sm-Nd é possível utilizar o mesmo material preparado para análises litogeoquímicas.

## 2.3 – Estado de conservação da amostra

O estado de conservação das rochas nos afloramentos também deve ser utilizado como critério de seleção de amostras, visto que uma mesma amostra pode ser analisada por vários métodos distintos (U-Pb, Sm-Nd, Ar-Ar, química mineral, entre outros). O clima de países tropicais, como o Brasil, dificulta a obtenção de amostras em condições ideais, porém a coleta de rochas frescas sempre deve ter prioridade sobre as intemperizadas.

Alguns sistemas isotópicos mais resistentes a ações intempéricas, como U-Pb e Lu-Hf em zircão, Sm-Nd em rocha total, permitem a realização de análises em amostras mais alteradas. Já as análises que utilizam minerais menos resistentes, ou métodos baseados em elementos com maior mobilidade, como K-Ar, Ar-Ar, Rb-Sr, exigem materiais sem alteração (exceto em estudos associados ao intemperismo).

Uma boa alternativa durante a coleta é a utilização de perfuratrizes manuais em afloramentos com litotipos variados e relações complexas entre estes. A profundidade de alcance da ferramenta e o pequeno diâmetro do furo permitem escolher a o local mais adequado de amostragem, acessando a porção mais fresca da rocha. Entretanto, dependendo da análise, é necessário o descarte da superfície que entrou em contato com a perfuratriz, devido ao potencial de contaminação.

## 2.4 – Casos especiais: Rochas bandadas e migmatizadas

Rochas bandadas e migmatizadas exigem atenção especial durante os procedimentos de coleta devido à complexidade da história geológica, em geral polifásica. Para que os resultados das análises sejam fidedignos e retratem o evento geológico de interesse, recomenda-se a amostragem de porções que representem individualmente cada evento. É fundamental também que o encaminhamento das amostras para análise seja acompanhado de informações geológicas detalhadas (por exemplo, a descrição do paleossoma e do neossoma de um migmatito). Para mais detalhes, consultar a publicação “Geocronologia aplicada ao mapeamento regional”, de Silva (2006).

Todos os procedimentos descritos anteriormente também se encontram detalhados em Castro et al. (2012). Algumas modificações com relação ao volume de coleta, métodos e procedimentos estão descritas neste guia de procedimentos técnicos.

## 3 – SELEÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO

Ao realizar a coleta dos litotipos presentes nos afloramentos, é preciso ter a definição dos problemas geológicos a serem solucionados. A sequência ideal, anterior às solicitações analíticas, engloba a descrição petrográfica e, se possível, a análise litoquímica da rocha. A partir deste entendimento, podem ser determinados os métodos geocronológicos, químicos e isotópicos a serem aplicados. Um mesmo afloramento pode ser abordado com métodos diversos e a escolha depende tanto dos resultados esperados, quanto dos materiais e minerais obtidos após os processos de preparação.

Como as análises são bastante dispendiosas e, por vezes, em número limitado, é importante uma avaliação criteriosa do método mais adequado para cada situação, com a definição precisa dos litotipos, evitando-se assim a obtenção de resultados inadequados.

Para facilitar na escolha do método em situações diversas, mostrando a sua interação com outras metodologias disponíveis, foram definidos os programas analíticos Regular e Especial. O Programa Regular inclui determinações de idades U-Pb (via *Laser Ablation – Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry / LA-ICP-MS ou Secondary Ion Mass Spectrometry / SIMS*, esta última também conhecida como microsonda iônica), estudos com isótopos de Sm-Nd e Lu-Hf, além do uso de química mineral em Microsonda Eletrônica e Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV.

O Programa Especial é destinado a investigações mais específicas, como estudos de mineralizações e problemas geológicos complexos. Neste programa poderão ser utilizados todos os métodos disponíveis para o Programa Regular, acrescidos de outros métodos, como determinações de composições de isótopos estáveis (C-O-S-B), termocronologia Ar-Ar e química mineral de elementos traços e ultratraços determinados por LA-ICP-MS.

A Tabela 2 resume os principais sistemas isotópicos e métodos analíticos existentes, com aplicações para determinadas questões geológicas abordadas em itens subsequentes, cuja disponibilidade anual depende da capacidade analítica dos laboratórios contratados, demandas e orçamento disponível.

**Tabela 2** – Listagem dos métodos isotópicos mais comuns, tipos de rochas, materiais utilizados e informações obtidas. Modificada de Castro et al. (2012).

MÉTODO	TIPO DE ROCHA	MATERIAL	INFORMAÇÃO OBTIDA	OBSERVAÇÕES
U-Pb (Diluição isotópica)	Magmáticas (félsicas e máficas), metamórficas e sedimentares	Zircão, monazita, rutilo, titanita, perovskita, badeleíta, xenotima, e outros minerais ricos em U e pobres em Pb	CM, META, MIG, MIN	Indicado para minerais homogêneos, já que todo o grão é utilizado para uma única leitura. Analiticamente é o método mais preciso, mas não necessariamente o mais acurado.
U-Pb ( <i>in situ</i> , via LA-ICP-MS ou SIMS)	Magmáticas (félsicas e máficas), metamórficas e sedimentares	Zircão, monazita, rutilo, titanita, perovskita, badeleíta, xenotima, carbonato, e outros minerais ricos em U e pobres em Pb	CM, META, MIG, MIN, FO, SED, DIA	Indicado para todos os tipos de rochas, inclusive as polideformadas. Análise pontual, tamanho do <i>spot</i> (mínimo de cerca de 25µm) pode ser restritivo. Recomenda-se LA-ICPMS para estudos de proveniência.
Sm-Nd	Magmáticas (félsicas e máficas), metamórficas e sedimentares	Rocha total, granada, feldspato, piroxênio, apatita, scheelita, cassiterita, fluorita	CM, META, MIG, DM, FO	Idade modelo indica a idade da derivação mantélica do magma fonte, enquanto o $\epsilon_{Nd}$ fornece informações petrogenéticas. A $T_{DM}$ de sedimentos indica a média ponderada de suas fontes. Idade isocrônica pode ser obtida em minerais ou rocha total. Possível análises <i>in situ</i> via LA-ICPMS.
Pb-Pb	Magmáticas (félsicas e máficas), metamórficas e sedimentares	Rocha total, feldspato, galena e outros minerais ricos em Pb	SED, FO, MIN, AMB	À exceção do método isocrônico, as análises Pb-Pb têm maior aplicação em estudos petrogenéticos e caracterização de fontes e terrenos. Composição isotópica de minerais pode ser determinada <i>in situ</i> via LA-ICP-MS.
Re-Os	Magmáticas (máficas), sedimentares (ricas em matéria orgânica) e mineralizações	Rocha total, sulfetos (em especial molibdenita) e óxidos	CM, MIN, SED, FO	Informações de $T_{DM}$ similares ao método Sm-Nd. Análise de sulfetos permite datar mineralizações. Isócrona em rocha total de sedimentos ricos em matéria orgânica permite datar sedimentação. Composição isotópica de minerais pode ser determinada <i>in situ</i> via LA-ICP-MS e SIMS.
Lu-Hf	Magmáticas (félsicas e máficas*), metamórficas e sedimentares	Zircão	DM	Idade modelo indica a idade da derivação mantélica da fonte do zircão (ou média ponderada, no caso de mistura de fontes).
K-Ar e Ar-Ar	Rochas e minerais ricos em potássio	Micas, anfibólios, alanita, feldspatos, glauconita, rocha total (vulcânicas), lateritas e argilas	CM, META, MIG, MIN, RESF, SOER, LAT	A temperatura de fechamento dos diferentes minerais e suas relações com a rocha determinará o significado da idade obtida. A análise pode ser efetuada por aquecimento gradual ou fusão total por <i>laser</i> ou forno resistivo.
Rb-Sr	Magmáticas (félsicas), metamórficas* e sedimentares	Rocha total, feldspato potássico, apatita e carbonatos	CM, META, MIG, MIN, SED, FO, AMB	Razões $^{87}Sr/^{86}Sr$ são utilizados na determinação de idade de deposição de carbonatos. As razões iniciais $^{87}Sr/^{86}Sr$ fornecem informações petrogenéticas sobre a fonte do magma. Composição isotópica de minerais pode ser determinada <i>in situ</i> via LA-ICPMS.
Traço de Fissão	Magmáticas, metamórficas e sedimentares	Apatita, epidoto, titanita, zircão, granada, vidro vulcânico	RESF, SOER	Aplicada em estudos de história térmica de terrenos em eventos de soerguimento e resfriamento.

CM-Cristalização Magmática, DM-Derivação Mantélica, DIA – Diagênese, AMB-Ambiente, FO-Fonte, LAT-Laterização, META-Metamorfismo, MIG-Migmatização, MIN-Mineralização, RESF-Resfriamento, SED-sedimentação, SOER-Soerguimento. \* Uso em casos específicos.

**Tabela 2** – Listagem dos métodos isotópicos mais comuns, tipos de rochas, materiais utilizados e informações obtidas. Modificada de Castro et al. (2012). (continuação)

MÉTODO	TIPO DE ROCHA	MATERIAL	INFORMAÇÃO OBTIDA	OBSERVAÇÕES
S	Magmáticas (félsicas e máficas), metamórficas, sedimentares e mineralizações	Sulfetos e sulfatos	AMB, FO	Isótopos estáveis de enxofre fornecem informações a respeito das fontes de sulfetos e sulfatos. Composição isotópica de minerais pode ser determinada <i>in situ</i> via LA-ICP-MS e SIMS.
B	Magmáticas (félsicas e máficas), metamórficas, sedimentares e mineralizações	Turmalina	AMB, FO	Isótopos estáveis de boro em turmalina são utilizados para auxiliar na caracterização da natureza, evolução e possíveis fontes dos componentes de fluidos mineralizadores. Composição isotópica de minerais pode ser determinada <i>in situ</i> via LA-ICP-MS.
O	Silicáticas	Silicatos como quartzo, feldspatos, rutilo, zircão, entre outros.	AMB, FO, TER	Pode ser utilizado como auxiliar no estudo de processos petrológicos, incluindo diferenciação magmática, metamorfismo, bem como processos crustais que envolvem relações entre fluidos e rocha. A determinação se dá <i>in situ</i> .
C-O	Carbonatos	Rocha total, fósseis, água, etc	AMB, FO	Composição isotópica de C-O é utilizada em estudos paleoambientais, determinação de fontes de fluidos. Determinação do $\delta^{13}\text{C}$ pode indicar a origem do carbono gráfico (crustal/mantélico).

CM-Cristalização Magmática, DM-Derivação Mantélica, DIA – Diagênese, AMB-Ambiente, FO-Fonte, LAT-Laterização, META-Metamorfismo, MIG-Migmatização, MIN-Mineralização, RESF-Resfriamento, SED-sedimentação, SOER-Soerguimento, TER-Termometria.  
\* Uso em casos específicos.

### 3.1 – Idades U-Pb e isótopos de Hf em zircão de rochas ígneas

Idades de cristalização de rochas ígneas e suas fontes são essenciais para decifrar a história magmática e de crescimento crustal de qualquer terreno. Cristais de zircão são datados *in situ* via LA-ICP-MS ou SIMS, e esta última, devido à maior precisão e acurácia analítica, deverá ser, preferencialmente, direcionada para amostras geológicas em contextos mais complexos. O zircão analisado pelo método U-Pb poderá ser posteriormente utilizado para a determinação dos isótopos de Hf, visando complementar a investigação acerca das fontes dos magmas geradores deste mineral.

### 3.2 – Idades U-Pb e isótopos de Hf em zircão de rochas sedimentares

O material sedimentar proveniente da erosão da crosta continental fornece informações valiosas acerca dos processos de crescimento crustal, cujo registro original já fora erodido. A relação com as áreas fontes e idade de deposição de sequências siliciclásticas está intrinsicamente associada ao ambiente tectônico vigente no momento da sedimentação. Estudos de minerais pesados, geoquímica de rocha total e outros minerais detríticos fornecem importantes informações, porém sem alusão à idade dos componentes das áreas fontes. Por exemplo, sequências formadas em ambientes de arco magmático e colisão continental diferem significativamente em termos de suas assinaturas nos cristais de zircão detríticos, daquelas formadas em ambientes intracontinentais.

A análise de zircão extraído de rochas (meta) sedimentares pelo método U-Pb via LA-ICP-MS possibilita não só a caracterização da(s) área(s) fonte(s) de uma determinada unidade, mas também a definição da idade máxima de deposição da mesma. Estudos isotópicos combinados pelas técnicas U-Pb e Lu-Hf em zircão detrítico permitem a distinção entre grãos que têm a mesma idade de cristalização, mas foram formados em domínios crustais com idades de extração mantélica distintas. Esses estudos podem ser realizados usando-se as idades de residência crustal determinadas em grãos individuais. Estudos desse tipo são desenvolvidos com o auxílio da sitemática Sm-Nd em rocha total, contudo, problemas relacionados com a obtenção de idades mistas são muitas vezes interpretados sem o devido cuidado, levando a conclusões errôneas. Métodos como idades K-Ar em micas detríticas e U-Pb são



corriqueiramente empregados em estudos de fontes sedimentares. Porém, o sistema K-Ar é facilmente desestabilizado durante o metamorfismo e os espectros de idades U-Pb em zircão podem gerar padrões similares em terrenos com diferentes histórias crustais.

### 3.3 – Assinatura isotópica Nd-Sr-Pb de rochas ígneas

Os isótopos de Nd-Sr-Pb podem ser utilizados em rochas ígneas, e seus correspondente metamórficos, com o objetivo de complementar os estudos de petrogênese (fontes), sempre acompanhados de caracterização geoquímica robusta e geocronologia.

### 3.4 – Idade e assinatura isotópica de rochas máficas e ultramáficas

De maneira geral, o zircão encontra-se presente em rochas saturadas em SiO<sub>2</sub>, limitando o uso desse mineral para obtenção de idades pelo sistema U-Pb. Alternativamente, para rochas máficas de baixo grau metamórfico, o mineral badeleíta pode ser utilizado para a obtenção de idades pelo método U-Pb. Assim como no zircão, as datações podem ser realizadas por diluição isotópica (do termo em Inglês, ID-TIMS) ou por técnicas *in situ* (LA-ICP-MS ou SIMS). Na ausência de zircão ou badeleíta, a obtenção de idades em rochas máficas pode ser realizada por meio de isócronas utilizando-se o sistema isotópico Sm-Nd. Neste último caso, as análises são realizadas por ID-TIMS e é necessária a coleta de amostras que representem termos geoquimicamente cogenéticos e contemporâneos, porém com certa diferenciação (p.ex. termos mais primitivos e termos mais evoluídos), visando obter maior espalhamento dos dados e melhor alinhamento da isócrona, o que resulta na maior acurácia da idade.

À parte do interesse por idades de cristalização, basaltos primitivos são os melhores veículos que carregam a assinatura dos reservatórios mantélicos do qual derivam. Assim, estudos isotópicos por ID-TIMS pela combinação dos sistemas Sm-Nd, Sr-Sr e Pb-Pb permitem traçar os reservatórios geoquímicos e, conseqüentemente, os ambientes tectônicos possíveis para a geração dessas rochas primitivas.

### 3.5 – Idades e assinaturas isotópicas de sistemas mineralizantes

Para a obtenção de idades de mineralizações é necessário abordar o problema por meio de diversos métodos e técnicas. Múltiplos eventos de retrabalhamento termal podem deturpar alguns sistemas geocronológicos, que eventualmente geram idades incorretas dos diferentes estágios de mineralização.

Minerais que contenham urânio (zircão, monazita, badeleíta ou allanita) e fazem parte da paragênese de alteração hidrotermal são os melhores alvos para obtenção de idades robustas (U-Pb via LA-ICP-MS ou SIMS). As análises dos minerais poderão ser realizadas em lâminas polidas ou em concentrados minerais. Para a identificação de minerais de interesse é conveniente o uso do MEV para sua localização em lâminas delgadas polidas. Alternativamente, ou em conjunto com a datação de minerais que perfazem a paragênese de alteração, pode ser realizada a datação isocrônica em sulfetos pelo método Re-Os.

A utilização de métodos termocronológicos de mais baixa temperatura pode ajudar a obter idades da mineralização, contudo, eventos termais superpostos podem gerar idades de reaquecimento, ou mesmo indicar a introdução de fluidos estéreis finais dissociados do evento mineralizador principal. Para entender como a dissipação do calor afeta uma determinada mineralização durante a evolução geológica, deve ser utilizada a datação direta em minerais da paragênese de alteração (anfíbios, micas e feldspatos) com diferentes temperaturas de bloqueio isotópico pelo método Ar-Ar.

### 3.6 – Idades de eventos deformacionais e metamorfismo

O estabelecimento de idades e eventos superpostos é fundamental para entender o contexto tectônico de terrenos deformados. A datação direta da deformação em zonas de cisalhamento na fácies xisto-verde e anfíbolito são de particular interesse, pois estas estruturas podem não somente acomodar a deformação, mas também servir de condutos para fluidos mineralizantes. Avanços significativos estão sendo realizados nesse campo, a partir da identificação e microanálise isotópica de minerais que pertençam à paragênese metamórfica relacionada ao evento de deformação.

Alguns minerais acessórios que contêm urânio (p.ex. zircão, alanita, monazita e titanita) podem registrar informações a respeito de estágios específicos da deformação, tais como idades e condições físico-químicas (p.ex. pressão, temperatura e fluidos), além de serem resistentes a eventos retrometamórficos e alterações de baixa temperatura. Estes dados, em conjunto com as observações petrográficas e petrológicas, podem fornecer informações importantes para o entendimento dos processos aos quais a rocha foi submetida. Embora seja uma

metodologia mais trabalhosa e não seja utilizada rotineiramente, as análises isotópicas *in situ* em lâmina polida para petrocronologia podem ser uma boa alternativa para casos complexos, visto que é possível ter o controle das relações microtexturais. Para que os resultados obtidos de fato respondam questões geológicas, é necessário o mapeamento das zonas de cisalhamento de interesse, a investigação petrográfica (por microscópico convencional e MEV) das fases minerais a serem datadas e suas relações texturais, a fim do entendimento da vinculação destes minerais com episódios metamórficos e deformacionais.

### 3.7 – Termocronologia Ar-Ar: idades de resfriamento/reaquecimento

A identificação de fontes de calor é fundamental para o entendimento da circulação de fluidos hidrotermais. Da mesma forma, entender como e quando um determinado bloco crustal ou distrito mineral atingiu temperaturas de equilíbrio, em escala regional ou de depósito, é necessário para uma melhor contextualização da evolução termal e eventos mineralizantes. Até que ponto reaquecimentos podem remobilizar mineralizações mais antigas, com injeção ou não de novas fases fluidas, são perguntas pertinentes dentro da investigação.

Os blocos cratônicos brasileiros são rodeados por faixas orogênicas mais jovens e, portanto, determinar o alcance do evento termal e da deformação relacionados a esses orógenos jovens para o interior dos crátons é objeto de estudo no campo da geodinâmica.

A investigação da abrangência desses eventos e sua relação com as mineralizações através da termocronologia Ar-Ar em minerais com diferentes temperaturas de bloqueio isotópico (anfíbios, micas e feldspatos) pode fornecer informações sobre quando e sob que taxa ocorreu o resfriamento das porções cratônicas.

### 3.8 – Isótopos estáveis em minerais e rocha total

A origem dos fluidos mineralizantes e seus reservatórios, bem como a migração e final deposição de seus solutos na crosta, são essenciais para a vetorização de trabalhos exploratórios. A assinatura de fluidos hidrotermais associados a mineralizações pode ser diagnosticada por meio da assinatura de isótopos estáveis (O, C, S e B) da paragênese mineral de alteração. Os métodos analíticos para a determinação da composição destes isótopos podem variar bastante. Isótopos de O em silicatos, S (sulfetos e sulfatos) e B (turmalina) podem ser determinados *in situ* em lâminas ou montagens de minerais, por exemplo. Já as determinações de C-O (em carbonatos) e S podem ser realizadas por dissolução de concentrados minerais. Para o caso de rochas carbonáticas são realizadas análises de rocha total. O mapeamento preditivo de zonas de cisalhamento e de outros condutos para fluidos mineralizadores pode ser realizado por meio da comparação das assinaturas isotópicas de depósitos maduros com a de minerais de alteração observados nas áreas de interesse e que possam indicar a presença de mineralizações aflorantes ou em subsuperfície. Esse tipo de abordagem é favorecida pelo baixo custo das análises.

## 4 – SOLICITAÇÃO DE ANÁLISES

### 4.1 – Fluxo operacional

A solicitação analítica em amostras coletadas em projetos do SGB-CPRM deve seguir o fluxo operacional estabelecido pela DIGEOD, apresentado na Figura 1. O primeiro passo é a formulação da Proposta de Planejamento Analítico-PPA (Anexo 1), que consiste na identificação dos problemas geológicos a serem estudados e das ferramentas utilizadas para a obtenção de respostas, que deve levar em conta estudos anteriores realizados na área. No PPA já deve haver uma previsão do número de amostras a serem analisadas no projeto e métodos a serem empregados. O envio deste formulário para análise pela DIGEOD deve ocorrer no início dos projetos, durante o primeiro ano de execução. O PPA deve ser proposto pelo coordenador do projeto e enviado para DIGEOD pelos gerentes regionais, após avaliação e concordância. A DIGEOD fará a avaliação e discussão da proposta em conjunto com a equipe, quando serão acordados os métodos e quantitativos a serem executados, levando-se em conta a metodologia mais adequada, a relevância do problema geológico e a disponibilidade analítica.

É possível que, durante a execução do projeto, o planejamento precise ser revisto em função do surgimento de novos dados ou problemas. Neste caso, um novo PPA precisa ser apresentado à DIGEOD, para que a programação seja ajustada.

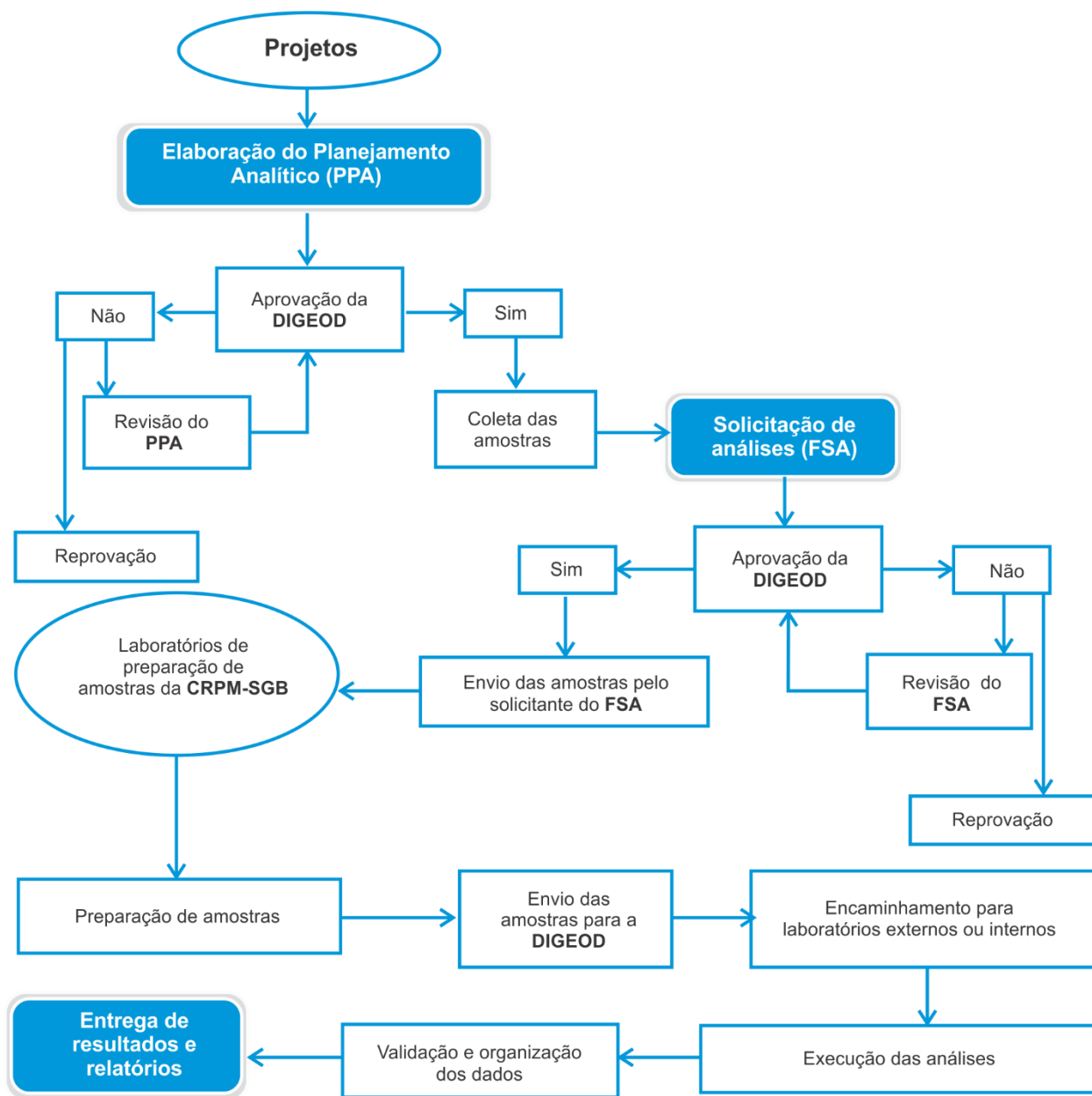


Figura 1 – Fluxo operacional idealizado para a realização de análises na DIGEOD.

O segundo passo ocorre após a coleta das amostras em campo, ou a recuperação de amostras úteis nos arquivos da Litoteca, com o preenchimento do Formulário de Solicitação Analítica - FSA (Anexo 2), sendo necessário o preenchimento de um formulário por cada amostra a ser analisada, devendo ser informadas as características principais da amostra, com ilustrações, objetivos da solicitação, método(s) e resultado(s) esperado(s).

Nos casos de solicitação de análises para mais de um litotipo do mesmo afloramento (cujas amostras são identificadas por A, B, C, etc, conforme guia normativo referente à identificação de amostras) pode ser considerado um único formulário FSA. Tanto o formulário do planejamento (PPA) quanto o de solicitação de análise (FSA) serão fornecidos pela DIGEOD em planilha eletrônica.

O ideal é que as amostras sejam preparadas nos laboratórios da Rede LAMIN do SGB-CPRM, após a análise e aprovação do FSA, evitando-se assim desperdício de tempo e recursos. A amostra preparada deve ser enviada para a DIGEOD e esta dará os encaminhamentos necessários, que inclui a catação manual dos grãos de interesse, montagem em resina e imageamento no MEV. Os métodos baseados em determinações em rocha total dispensam esta etapa, e as amostras deverão ser enviadas à DIGEOD já devidamente pulverizadas.

As amostras serão então analisadas, dentro do possível, em ordem de priorização estabelecida pelo projeto (ex. considerando a importância geológica das amostras) e pelo Departamento (eg., relevância e prazo de término dos projetos) ao qual o projeto está relacionado. À DIGEOD caberá garantir a qualidade analítica dos resultados, entregar os dados organizados e preliminarmente interpretados.

## 5 – REFERÊNCIAS

CASTRO, J. H. W. et al. **Guia para coleta e preparação de amostras para análises isotópicas**. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. 47 p. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Laboratorios-de-Analises-Minerais---Rede-LAMIN/Produtos-e-Servicos/Analise-de-Material-Geologico-3502.html>. Acesso em: jun. 2020.

SILVA, L. C. **Geocronologia aplicada ao mapeamento regional, com ênfase na técnica U-Pb SHRIMP e ilustrada com estudos de casos brasileiros**. Brasília: CPRM, 2006. 132 p. (Publicações Especiais do Serviço Geológico do Brasil, 1). Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/livro\\_13\\_11.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/livro_13_11.pdf). Acesso em: jun. 2020.

**Anexo 1- Formulários para Proposta de Planejamento Analítico (PPA) para Isótopos e Química Mineral**



Serviço Geológico do Brasil - CPRM



DIGEOD - Divisão de Geodinâmica

**PROPOSTA DE PLANEJAMENTO ANALÍTICO - ANÁLISES ISOTÓPICAS**

UNIDADE:		DATA:	
PROJETO:		CHEFE:	

**DETERMINAÇÃO DE IDADE**

UNIDADE ALVO	PROBLEMA GEOLÓGICO A SER INVESTIGADO	MÉTODO	QUANT. AMOSTRAS	OBJETIVO DA ANÁLISE E BENEFÍCIOS DE SUA REALIZAÇÃO

**ASSINATURA ISOTÓPICA**

UNIDADE ALVO	PROBLEMA GEOLÓGICO A SER INVESTIGADO	MÉTODO	QUANT. AMOSTRAS	OBJETIVO DA ANÁLISE E BENEFÍCIOS DE SUA REALIZAÇÃO



Serviço Geológico do Brasil - CPRM



DIGEOD - Divisão de Geodinâmica

**PROPOSTA DE PLANEJAMENTO ANALÍTICO - QUÍMICA MINERAL e IMAGENS**

UNIDADE:		DATA:	
PROJETO:		CHEFE:	

**DISCRIMINAÇÃO DAS ANÁLISES PLANEJADAS**

UNIDADE ALVO	PROBLEMA GEOLÓGICO A SER INVESTIGADO	TIPO DE AMOSTRA	TIPO DE ANÁLISE	QUANT. AMOSTRAS	OBJETIVO DA ANÁLISE E BENEFÍCIOS DE SUA REALIZAÇÃO

SIGLAS UTILIZADAS: MEV- Microscópio Eletrônico de Varredura, BSE - Imagem de elétrons retroespalhados; CL - Imagem de catodoluminescência; EBSD - Difração de elétrons retroespalhados; EDS - Espectrometria de energia dispersiva; SE - Imagem de elétrons secundários, LA-ICPMS - Espectrometria de massa com fonte de plasma acoplado a sistema de ablação a laser.

## Anexo 2 - Formulários de Solicitação de Análises (FSA)



Serviço Geológico do Brasil - CPRM

DIGEOD - Divisão de Geodinâmica



## FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ANÁLISES

AMOSTRA:	UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:
----------	-------------------------

DATAÇÃO					
SUBTIPOS (A, B, C, etc)	Rocha	Método	Material	Idade Esperada	Finalidade

ASSINATURA ISOTÓPICA					
SUBTIPOS (A, B, C, etc)	Rocha	Método	Material	Finalidade	

MICROSSONDA ELETRÔNICA*					
SUBTIPOS (A, B, C, etc)	Rocha	Material	Minerais de Interesse <i>(listar elementos de interesse, se for o caso)</i>		Finalidade <i>(Além do objetivo, especificar se análise pontual, linha ou mapa)</i>

MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA*					
SUBTIPOS (A, B, C, etc)	Rocha	Método	Material	Alvo <i>(Minerais e/ou estruturas)</i>	Finalidade <i>(Além do objetivo, no caso de EDS, especificar se análise pontual, linha ou mapa)</i>

BSE - Imagem de elétrons retroespalhados; CL - Imagem de catodoluminescência; EBSD - Difração de elétrons retroespalhados; EDS - Espectrometria de energia dispersiva; SE - Imagem de elétrons secundários

\* As análises só serão realizadas após o encaminhamento do mapa da amostra com as marcações dos locais a serem analisados e descrição clara do objetivo, conforme modelo disponibilizado pela DIGEOD

# DIVISÃO DE ESTRATIGRAFIA, PALEONTOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA

## INSTRUÇÃO TÉCNICA DIPALE 01 – 01.07.2020

### Procedimentos de coleta e recuperação de fósseis

## 1 – INTRODUÇÃO

Os procedimentos que regem a padronização na metodologia de coleta, armazenamento e encaminhamento à análise, são de fundamental importância às atividades desenvolvidas pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

A micropaleontologia, dentre outras metodologias analíticas utilizadas em estudos geológicos, requer atenção na qualidade da amostragem, do armazenamento da amostra e do tratamento e seleção do método à preparação.

A presente instrução técnica objetiva nortear os procedimentos de amostragem, armazenamento, transporte e metodologias aplicadas à preparação de amostras com conteúdo fossilífero, fornecendo em linhas gerais, a padronização de procedimentos de coleta de amostras e análise em laboratório.

## 2 – PROVENIÊNCIA DAS AMOSTRAS

Microfósseis são comumente encontrados em rochas que também podem conter macrofósseis, porém, alguns litotipos preservam melhor um grupo em detrimento de outro. A Tabela 1 reúne uma lista de grupos microfósseis que potencialmente podem ocorrer de acordo com o tipo rochoso.

**Tabela 1** – Principais grupos de rochas sedimentares e de microfósseis associados.

LITOTIPOS	GRUPOS DE MICROFÓSSEIS
Calcários calcíticos e dolomíticos	Microfósseis carbonáticos, aglutinantes e silicosos são comuns. Podem conter palinomorfos.
Folhelhos calcíticos	Podem ser ricos em microfósseis, especialmente quando intercalados com calcário.
Arenitos e siltitos	Palinomorfos são comuns em sedimentos de granulometria fina. Rochas clásticas com granulometria grossa, via de regra, possuem associação pobre ou mesmo estéril em microfósseis. Podem conter troncos silicificados e fragmentos de ossos.
Arenitos ricos em glauconita	Foraminíferos e ostracodes podem ser abundantes em depósitos areníticos de granulometria fina a média.
Folhelhos pretos	Podem conter associação rica em microfósseis e palinomorfos.
Cherts marinhos	Podem conter foraminíferos aglutinantes, diatomáceas e radiolários, além de filmes de impressões de palinomorfos, algas e bactérias.

Fonte: Jones (1956).

A coleta de amostras objetivando a recuperação macro e microfossilífera deve atender à análise tafonômica e fossilidiagénica. A análise tafonômica se refere à observação dos processos que podem ocorrer entre o momento da morte do organismo e seu soterramento. Sempre que possível, é importante percorrer uma maior área possível do afloramento ou da unidade estratigráfica de interesse, de modo a buscar sítios com maior probabilidade de registro de fósseis. A descrição e o entendimento do arranjo das estruturas sedimentares no espaço podem facilitar no processo de localização de sítios fossilíferos no interior de uma unidade ou horizonte litoestratigráfico. A análise fossilidiagénica é responsável por tornar um organismo enterrado em fóssil propriamente dito. A observação do processo de transformação (substituição, piritização, silicificação, fosfatização, etc.) determinará os cuidados que envolverão a escolha da metodologia de coleta e dos métodos de preparação das amostras (GREEN, 2013).

### 3 – EQUIPAMENTOS DE AMOSTRAGEM

As diferentes propriedades físicas dos litotipos requerem diferentes equipamentos e técnicas para coleta. O ideal é que se tenha previamente a noção das propriedades físicas dos materiais a serem coletados ao dimensionamento correto das ferramentas e dos métodos a serem empregados nos trabalhos de campo. O coletor deve portar lupa de bolso com aumento mínimo de 10x para análise in situ do conteúdo de microfósseis presentes em cada horizonte amostrado.

#### 3.1 – Ferramentas pneumáticas

Esta metodologia requer logística para transporte do equipamento pneumático e gera grande volume de poeira e barulho. É normalmente empregada para obtenção de blocos maiores de amostras de rocha dura que eventualmente contenham microfósseis.

Vários modelos de brocas podem ser empregados em associação com ponteiras e marreta. O método consiste em se produzir uma série de furos na rocha para produzir uma linha de fraqueza, que posteriormente é explorada com os pinos, cunhas e marreta para remoção do bloco, que se quebrará ao longo dos planos de fraqueza, tal qual é empregado nas atividades de obtenção de blocos para rochas ornamentais.

#### 3.2 – Serras

Serras e lâminas diamantadas podem ser empregadas em casos específicos. Assim como as ferramentas pneumáticas, esta metodologia também se restringe às rochas com competência mecânica elevada, tais como calcários, arenitos, quartzitos e rochas silicificadas.

O emprego da metodologia gera grande volume de poeira e barulho, mas possui vantagem sobre os métodos pneumáticos percussivos por gerar consideravelmente menos vibração. A principal desvantagem está na logística de transporte e operação dos equipamentos empregados na metodologia de coleta, além da danificação de microfósseis que eventualmente estejam presentes no caminho da lâmina/serra e que não sejam visíveis.

#### 3.3 – Martelo estratigráfico

A maioria dos trabalhos envolvendo coleta de material para micropaleontologia é feito em rochas sedimentares consideradas “moles”, tais como folhelhos, siltitos, argilitos e arenitos. Nesses casos e até mesmo na coleta de amostras de calcário, pode-se empregar o uso do martelo estratigráfico (também conhecido como “bico chato” ou “bico de pato”).

Este tipo de martelo possui vantagem sobre àquele de forma ponteaguda utilizado em ígneas/metamórficas (conhecido como “martelo de geólogo”) por conter uma extremidade em cunha chata que facilita a penetração entre os estratos e a retirada de amostras com menor desagregação possível (Figura 1). O uso de ponteiras, talhadeiras ou até mesmo marretas pode ser empregado, sempre observando o uso de proteção ocular.

O afloramento em observação deve seguir as instruções técnicas quanto a sua descrição: litologia, textura, estruturas sedimentares, cor, geometria, relações entre leitos, camadas de rochas e suas variações verticais e laterais (instruções técnicas sobre Mapeamento Geológico, Caderneta de Campo e Numeração de Pontos Descritos, Amostras e Fotografias, etc.), além do conteúdo fóssilífero (natureza, distribuição e preservação).

Somente após sua descrição e elaboração de um perfil gráfico sedimentar, é que as amostras devem ser coletadas, identificadas e etiquetadas, devidamente estabelecidos seus respectivos horizontes de amostragem (Figura 2).





**Figura 1** – Alguns dos equipamentos utilizados no campo na identificação, descrição e coleta de amostras de rocha: caderneta de campo, saco plástico, lupa de aumento (10x ou mais), fita gomada, martelo estratigráfico, caneta permanente, bússola e GPS.



**Figura 2** – Arenitos arcoseanos, róseos, bem selecionados, granulometria média a fina, com estratificações cruzadas acanaladas de grande porte, com azimutes de paleocorrentes para NE (unidirecionais) e de ambiente eólico da Formação Arai. Região do Uiramutã, bacia do Supergrupo Roraima. Martelo como escala. Fonte: Reis, N.J.

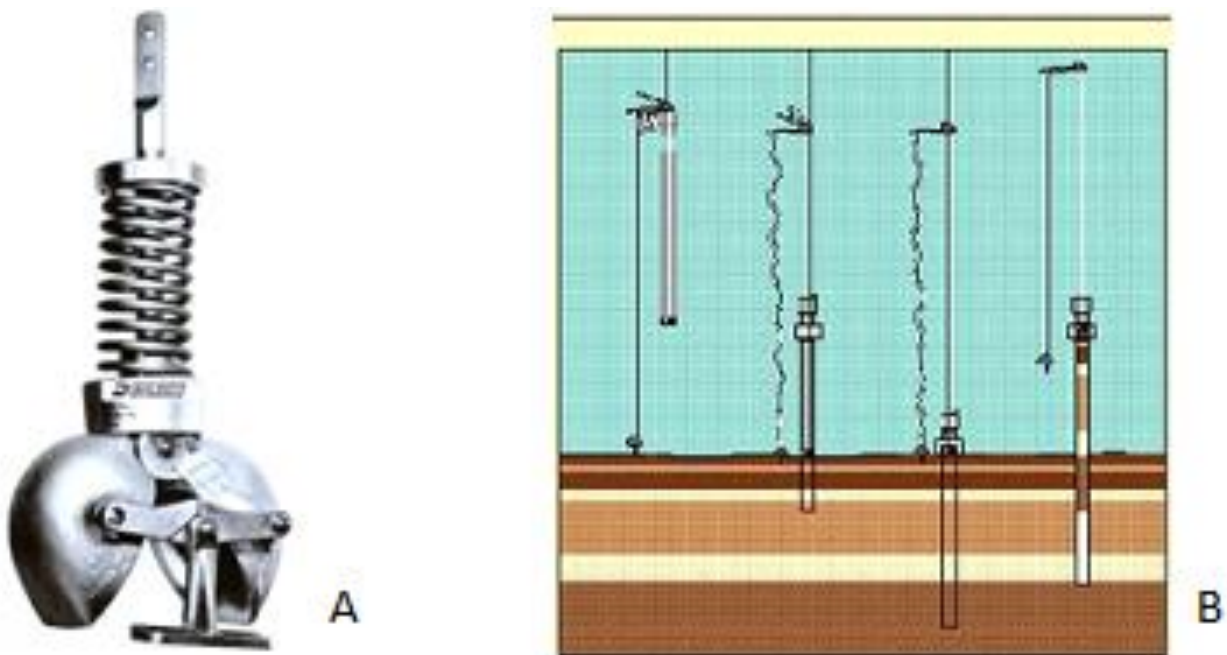
A combinação dos vários atributos de uma rocha sedimentar define sua fácies, que é o produto de um particular ambiente ou processo deposicional. A identificação e a análise faciológica (associação de fácies) são etapas importantes à caracterização do afloramento sedimentar.

A seguir, são enumeradas as atividades a serem observadas no campo quando do estudo de rochas sedimentares/fósseis (*Apud* TUCKER, 2003):

- Registro da localidade com tomada de coordenadas pelo GPS, anotando-as na caderneta de campo (por segurança). Tomada de fotos do afloramento à identificação de sua maior geometria (observação à distância e com escala); elaboração de croqui;
- Identificação litológica e estabelecimento da composição e mineralogia da rocha;
- Exame textural da rocha: tamanho do grão, forma e arredondamento, seleção, fábrica e cor;
- Observação sobre a presença de estruturas sedimentares nos planos de acamadamento e sob/interior dos leitos. Tomada de fotos em detalhe (escala centimétrica a métrica);
- Registro da geometria dos leitos e unidades sedimentares; determinação das relações entre os leitos/camadas, variações de granulometria (ascendente, descendente), mudanças na espessura da camada, ciclicidade ou não da sucessão sedimentar;
- Observação sobre a presença de fósseis e anotação dos tipos presentes, modo de ocorrência e preservação;
- Tomada de medidas de paleocorrentes (azimutes);
- Elaboração de perfil gráfico sedimentar (empilhamento com escala);
- Considerar as litofácies, ciclos, processos deposicionais, interpretação ambiental e paleogeografia.

### 3.4 – Equipamentos para coleta de sedimento de fundo

Para retirada de sedimentos de fundo de lagos, rios, oceanos para posterior análise do seu conteúdo biogênico, geralmente utiliza-se *mud snapper*, *box core* e *piston core* (Figura 3), sendo que o último possibilita estudar os sedimentos em sua posição estratigráfica original, o que representa uma vantagem sobre os outros métodos. No caso de amostras que não serão processadas imediatamente, recomenda-se o congelamento para evitar a decomposição da matéria orgânica, odores indesejáveis e mudanças drásticas na composição química dos sedimentos amostrados.



**Figura 3** – Equipamentos para amostragem de sedimentos de fundo. A) *Mud snapper*; B) *Piston core*, que permite analisar sedimentos empilhados. (Fonte: [www.kahlsico.com](http://www.kahlsico.com)).

### 3.5 – Testemunhos de sondagem

A testemunhagem por sondagem constitui uma robusta ferramenta à análise de seções sedimentares em subsuperfície. A principal vantagem do método está na possibilidade de empilhamento litoestratigráfico com precisão centimétrica e com mínima contaminação, em contrapartida às amostragens de calha. Acrescenta-se a possibilidade de acesso a intervalos com redução da ação de intemperismo e oxidação, muitas vezes, inacessíveis em porções aflorantes (Figura 4).

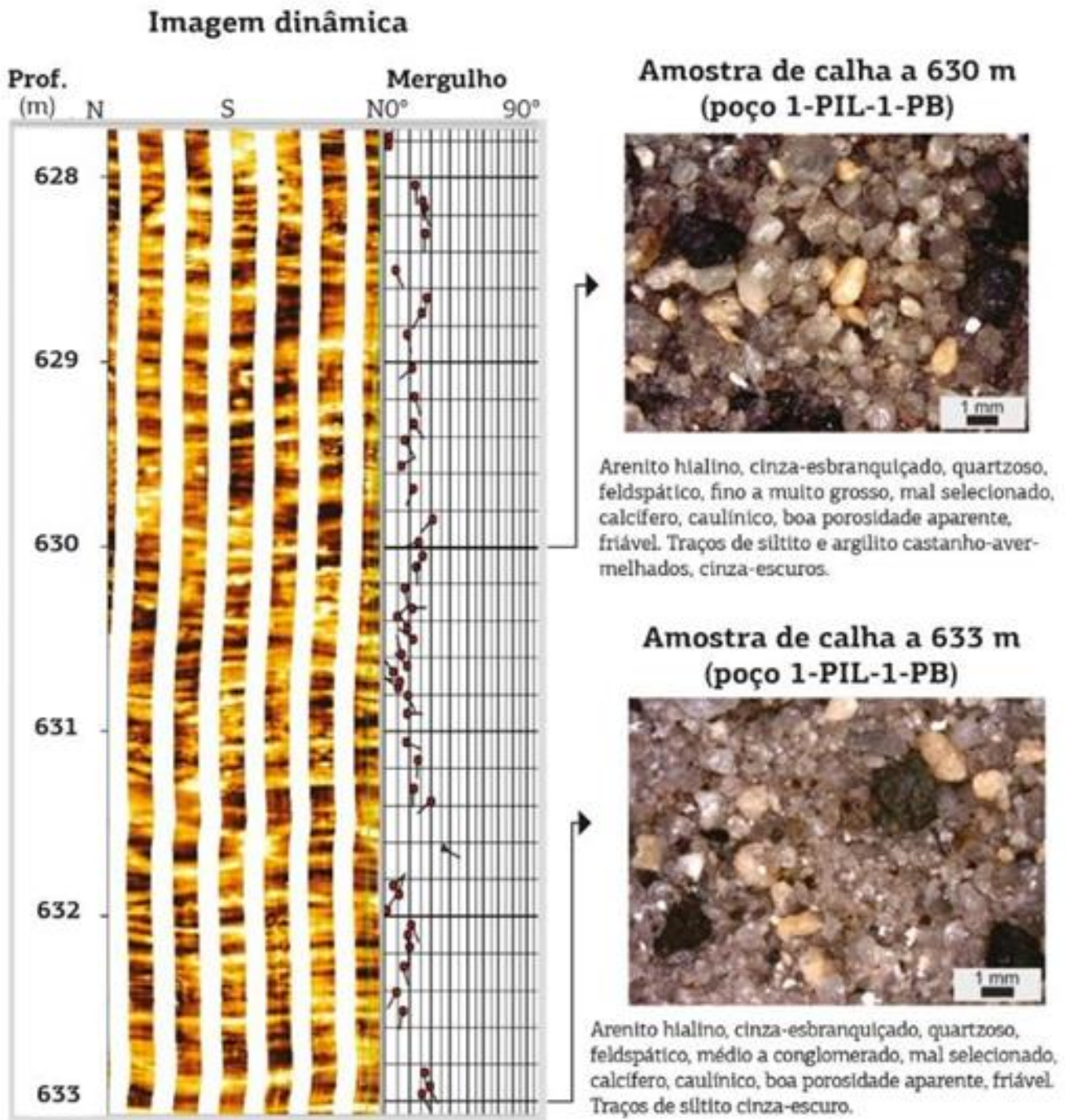


**Figura 4** – Testemunhos de sondagem em rochas carbonáticas e siliciclásticas da bacia Cococi, Província Borborema. Projeto Bacias Ediacarana-Cambrianas – PBEC. Fonte: Turra (2020).

### 3.6 – Amostras de calha

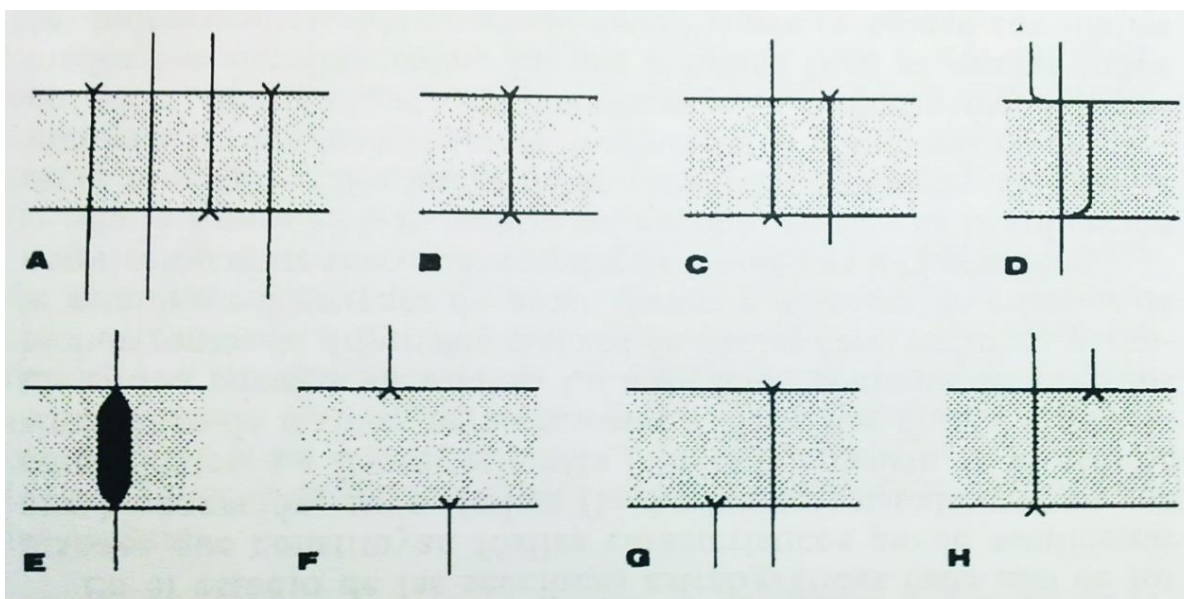
Amostras de calha são aquelas cominuídas através de broca de perfuração (pneumática), sendo transportadas até a boca do poço por intermédio de lama de perfuração (Figura 5). As amostras têm controle de profundidade, cujo primeiro registro em superfície é mais seguro do que os subsequentes, em virtude de possíveis desmoronamentos das laterais do poço e sua contaminação.

Neste sentido, o primeiro registro de um microfóssil em uma amostra de calha representa o topo da ocorrência desta espécie.



**Figura 5** – Perfil de imagem microrressitiva de arenitos grossos a conglomeráticos (esquerda) e seu aspecto em amostra de calha (direita). Fonte: Silva *et al.* (2014).

As amostras de calha são úteis na proposição de zonas de amplitude diferencial superior, onde o primeiro registro do fóssil na boca do poço (registro do evento de extinção dos táxons) é considerado. As demais ocorrências eventualmente registradas correspondem àquelas novas em profundidades maiores ou, oriundas de desmoronamento do primeiro registro, imprimindo incerteza ao método caso se deseje propor biozonas de amplitude de táxon, por exemplo (Figura 6).



**Figura 6** – Tipos de Biozonas: A) Biozona de conjunto ou cenozonas; B) Zona de extensão vertical simples; C) Zona de extensão vertical composta ou concomitante; D) Filozona; E) Biozona de apogeu; F, G e H) Biozonas de intervalo; G) Representa biozona diferencial superior, a mais comum em trabalhos com amostras de calha.

#### 4 – TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

Não existe regra universal para coleta de amostras visando recuperação de fósseis e microfósseis. Como via-de-regra, sempre que um horizonte com conteúdo em macrofósseis for identificado, deve-se também coletar amostras que possibilitem a preparação micropaleontológica. Sempre que possível, todas as amostras coletadas devem estar registradas em perfis litoestratigráficos, de modo a possibilitar posteriores estudos de bioestratigrafia e de correlação. Trabalhos específicos de tafonomia podem envolver a gridagem regular do terreno em células de 1 por 1 metro, ou outro padrão desejado, para mapeamento dos padrões das ocorrências fossilíferas (Figura 7).



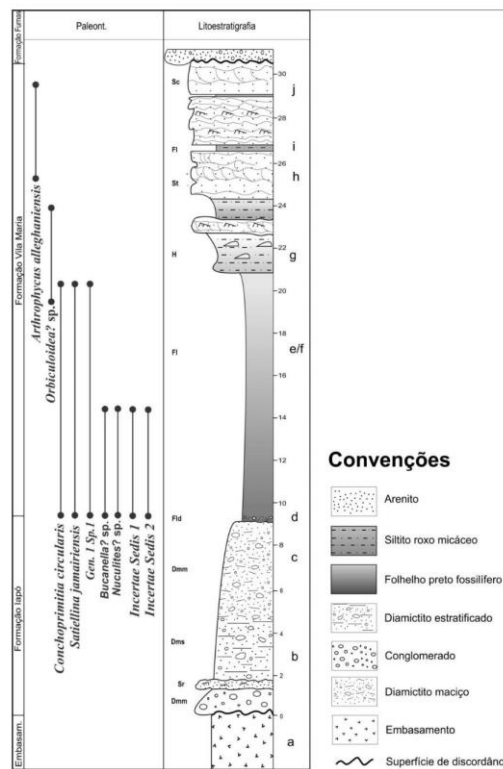
**Figura 7** – Uso de grade regular para marcar a localização de ossos de Hadrossauro. Foto: Arbour V.

No caso de escavações envolvendo material fóssil de dimensões maiores, como ossos de dinossauros, alguns passos adicionais devem ser tomados para evitar que os espécimes se quebrem e sejam danificados no transporte. Neste caso, o que se faz é cobrir o fóssil com uma camada de papel-toalha e em seguida, utilizando faixas de gesso ortopédicas, criar uma camada protetora adicional para o espécime. Alguns pesquisadores utilizam resinas expansivas ou outro meio de proteção para evitar danos ao longo do transporte (Figura 8).



**Figura 8** – Estágios finais da escavação de uma peça óssea de dinossauro. Primeiro retira-se toda a camada de sedimentos que recobre o espécime. Adiciona-se uma fina camada de material macio e protetor. Neste exemplo foi utilizado papel-toalha. Finalmente, o fóssil é recoberto por faixas saturadas com gesso, que uma vez endurecido, forma uma camada protetora que permite ao fóssil ser transportado com segurança. Fotos: Scott W.

A coleta posicionada em perfis litoestratigráficos é importante para todos os grupos de fósseis, porém, para microfósseis o posicionamento preciso de cada amostra nos perfis é fundamental (Figura 9). Geralmente se utiliza a metodologia de nomeação de amostras de baixo para cima, seguindo a metodologia padrão de nomenclatura oficial de amostras adotada pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, no emprego de letras do alfabeto para discriminar mais de uma amostra em um mesmo ponto. No caso de coleta de amostras em mais de um ponto, deve-se posicionar a amostra em seus respectivos níveis nas seções geológicas levantadas no campo.



**Figura 9** – Perfil litoestratigráfico da seção-tipo suplementar da Formação Vila Maria, Fazenda Boa Vista, Bom Jardim de Goiás. Notar a distribuição estratigráfica das espécies, onde A-J representam os níveis amostrados (ADÔRNO *et al.*, 2016).

## 4.1 – Quantidade de material a ser amostrado

Amostras coletadas em afloramentos visando sua preparação micropaleontológica devem ter aproximadamente 300 g, quantidade suficiente para que se obtenha alíquotas que possam eventualmente ser direcionadas às diversas vias de preparação, visando a recuperação de microfósseis: carbonáticos (via peróxido de hidrogênio), palinomorfos (via ácido fluorídrico), fosfáticos ou silicosos (via ácido fórmico, nítrico ou clorídrico). Amostras de calha ou de testemunhos de sondagem que possuam quantidade limitada de material podem ser coletadas em quantidades menores, sendo que 50 a 60 g é o suficiente para estudos micropaleontológicos.

As amostras devem ser enviadas em sacos plásticos na quantidade ideal, mas nunca inferior a 50 g e não mais do que 350 g. Todas as amostras devem estar devidamente etiquetadas e identificadas com seu número de campo e de laboratório, devidamente referenciados no Formulário de Encaminhamento de Amostras - FEA, com memorando de encaminhamento à DIPALE.

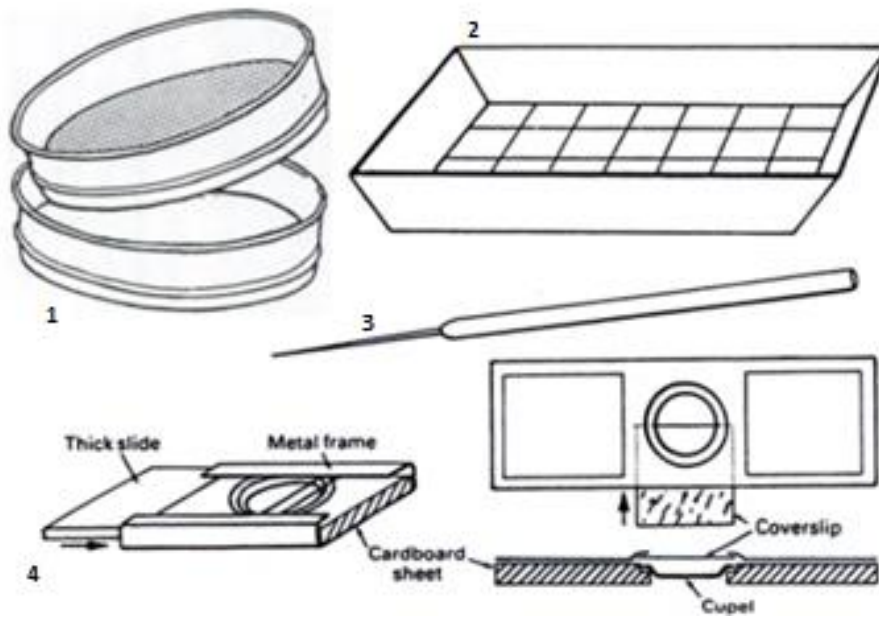
A seguir é apresentado um resumo sobre o procedimento para submissão de amostras e padrão de encaminhamento para análise:

- Selecione uma amostra fresca, livre de qualquer contaminação recente, tal como raízes, fragmentos vegetais, etc.;
- Dê preferência para amostras de granulação fina como folhelhos e siltitos, de coloração acinzentada-escuro (ambiente redutor). Tais tipos registram uma maior possibilidade de conter matéria orgânica (alvo da análise);
- A amostra não necessita ser grande. Uma superfície de 8 x 8 cm é suficiente;
- A identificação do ponto de coleta deve ser a mais precisa possível. Registrar a localidade e coordenadas. No caso de furo de sondagem, registrar a localização do furo e da amostra (contida no intervalo do perfil). Anexar um perfil estratigráfico auxilia, assim como uma foto da amostra (com escala gráfica);
- Se há algum prévio conhecimento sobre o estabelecimento cronológico, estratigráfico e de seu ambiente deposicional da amostra a ser estudada, deve ser informado;
- Para a embalagem, coloque a amostra em um saco plástico novo (desprovido de uso anterior), lacrando-o bem para evitar qualquer tipo de contaminação. Não envolva a amostra em qualquer tipo de fita gomada ou escrita (caneta hidrográfica);
- Identificar a amostra no saco plástico, por centro de custo (identifica o Projeto), sigla do coletor/identificador e numeração/quantidade/tipo da amostra, conforme a Instrução Técnica Numeração de Pontos Descritos, Amostras e Fotografias;
- O saco/sacos devem ser encaminhados por um pedido do tipo de análise paleontológica a ser submetida (macropaleontológica, micropaleontológica e/ou palinológica). A Requisição Analítica (RA) acompanha a Ficha de Encaminhamento de Amostra (FEA), com o respectivo número de laboratório de sua unidade regional.
- Tem sido padrão o encaminhamento final através de um documento expedido pela unidade regional, cuja numeração serve de controle ao lote, assegurando seu monitoramento. Este documento deve ser encaminhado para o Chefe da Divisão com cópia para o laboratório.

## 5 – RECUPERAÇÃO DE MICROFÓSSEIS

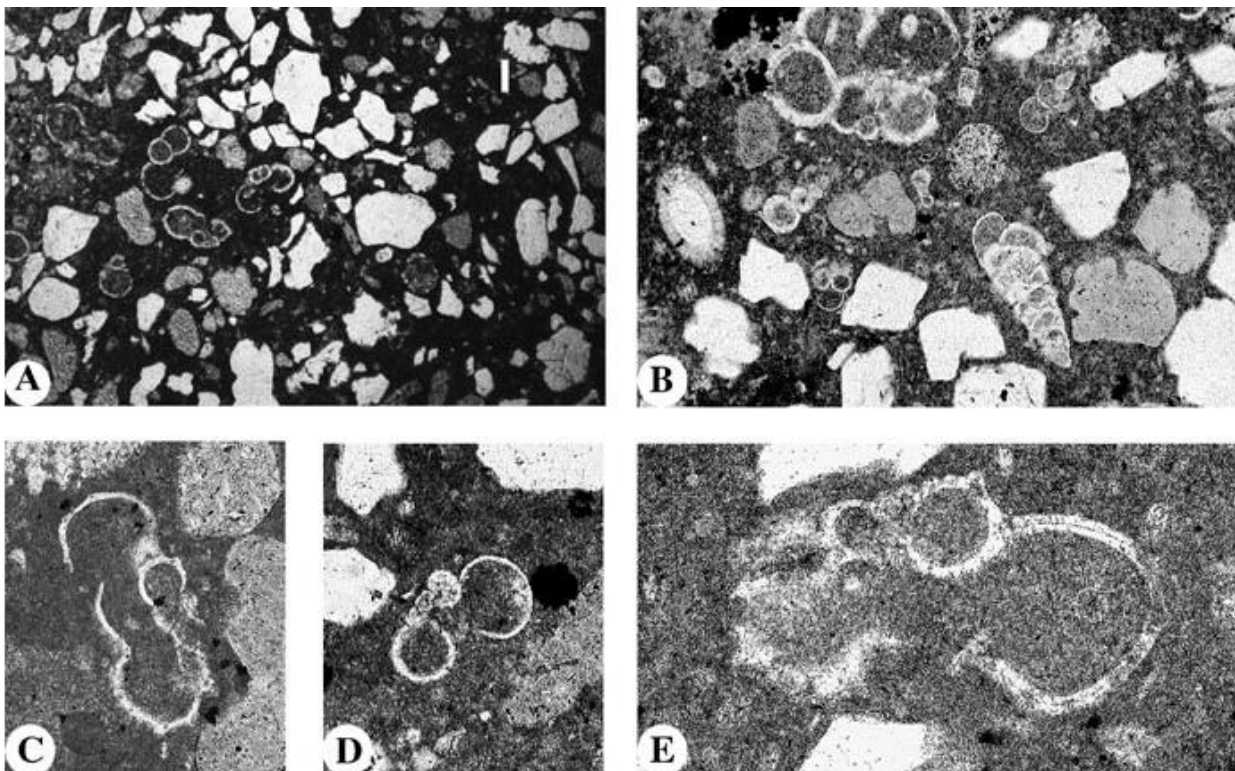
Em síntese, os métodos de preparação de amostras para recuperação individualizada de microfósseis necessitam de sua desagregação para liberação dos microfósseis da matriz da rocha.

Os microfósseis podem ser divididos em dois grandes grupos: orgânicos (palinomorfos: pólen, esporos, cistos de algas, acritarcas, etc.) e não orgânicos (tipos calcários, silicosos e fosfáticos). Na preparação de amostras visando os tipos palinomorfos utilizam-se os ácidos clorídrico e fluorídrico, que dissolvem os carbonatos e silicatos, respectivamente. Ao final do processo resultam apenas os microfósseis de composição orgânica. A preparação visando os demais microfósseis, tais como aqueles com esqueleto calcário, silicoso ou fosfático, utiliza-se peróxido de hidrogênio para promover a desagregação da rocha sedimentar ou do sedimento, destruindo a matéria orgânica e liberando as carapaças para os estudos paleontológicos. O material desagregado segue para lavagem em bateria de peneiras, secagem das frações em estufa a 70°C e posterior triagem dos bioclastos e armazenamento em lâminas uni ou multicelulares (Figura 10).



**Figura 10** – Materiais necessários à preparação, triagem e armazenamento de microfósseis: 1) Peneiras granulométricas; 2) Bandeja quadriculada para triagem; 3) Pincel para triagem; 4) Lâmina unicelular com cobertura para abrigar o material selecionado. Fonte: Bignot (1985).

No estudo de microfósseis carbonáticos presentes em rochas de matriz também carbonática, pode-se preparar lâminas delgadas para a petrografia. Neste caso, o estudo taxonômico é feito com base em cortes que possibilitem a análise em duas dimensões (Figura 11).



**Figura 11** – Imagens de foraminíferos e calcíferas provenientes de hardground fosfático. A) Foraminíferos plantônicos, aumento de 22x; B) *Heterohelix moremani* (Cushman), aumento de 44x; C) *Marginotruncana marginata* (Reuss), aumento de 57x; D) *Whiteinella baltica* (Douglas & Rankin), aumento de 43x; E) *Marginotruncana* sp., aumento de 107x. (VAJDA-SANTIVANEZ; SOLAKIUS, 1999).



Após a completa desagregação da rocha, quer pelo consumo dos cimentos ou pelo consumo dos constituintes siliciclásticos do arcabouço (peróxido ou ácido), o que sobra é uma mistura de material desagregado e microfóssil. O processo que se segue é denominado de triagem micropaleontológica, geralmente feita com auxílio de um estereomicroscópio (lupa binocular) na separação dos microfósseis em lâminas para estudos morfológicos e taxonômicos.

No caso de material palinológico, o que se obtém é um resíduo “extrato polínico”, que contém o querogênio (material orgânico amorfo) e palinomorfos (material orgânico particulado). No estudo dos palinomorfos é utilizado um microscópio de luz transmitida onde é possível um aumento de até 1000x com lentes de imersão a óleo. Todos os microfósseis podem ser estudados com auxílio da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), que permite um aumento superior a 10.000x e ótimos resultados de morfologia externa dos espécimes (Figura 12).



**Figura 12** – Equipamentos óticos para o estudo de microfósseis. A) Lupa de bolso; B) Estereomicroscópio (lupa binocular); C) Microscópio de luz transmitida (biológico); D) Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

## 6 – TIPOS DE ANÁLISES

A seguir é sintetizada a descrição dos tipos de análises (macropaleontológica, micropaleontológica e palinológica):

- **Análise Macropaleontológica:** identificação taxonômica dos macrofósseis (animais e/ou vegetais), habitat e tempo geológico fornecido pelo fóssil. Os métodos de preparação para este estudo incluem limpeza e preparação por meio de agentes físicos, e em alguns casos, na confecção de moldes para a verificação de determinadas estruturas;
- **Análise Micropaleontológica:** identificação taxonômica dos microfósseis (foraminíferos, ostracodes, diatomáceas, nanofósseis, escolocodontes, etc.), determinação quantitativa dos componentes da associação ou de um determinado grupo específico, ambiente de deposição e tempo geológico sugeridos pela associação fóssilífera ou por uma ou várias espécies-guias. Para o estudo dos microfósseis, em geral, é necessário o isolamento dos mesmos no material sedimentar. Para tal, a amostra é submetida a preparos especiais que incluem ataques químicos e físicos. Posteriormente, os exemplares isolados são montados em lâminas e descritos em microscópio de luz refletida com aumentos variáveis de 10 a 60X;
- **Análise palinológica:** identificação taxonômica dos palinomorfos (organismos fósseis encontrados nos resíduos insolúveis resultantes de tratamentos físicos e químicos nas rochas sedimentares, tais como polens, esporos, acritarcos, algas, quitinozoários e dinoflagelados), do ambiente deposicional e tempo geológico sugeridos pela associação palinológica e/ou espécies-guias. Após a preparação palinológica (variável de acordo com o tipo sedimentar) os palinomorfos são montados em lâminas e estudados ao microscópio de luz refletida e/ou transmitida com aumentos variáveis de 100 a 1000X.

## 7 – PROCEDIMENTOS PARA O ENVIO DE AMOSTRAS

Amostras em que haja interesse à submissão para análises paleontológicas poderão ser encaminhadas para a unidade de apoio em bioestratigrafia da DIPALE. Os procedimentos encontram-se descritos nos itens anteriores.

Atualmente a DIPALE conta com uma unidade de apoio em bioestratigrafia situada no Escritório do Rio de Janeiro. Os resultados serão fornecidos na forma de boletins analíticos, constando a resposta para as principais questões apresentadas pelos executores do projeto, sempre que possível, a partir dos dados analíticos bioestratigráficos. Imagens e figuras ilustrativas que auxiliem na confecção dos relatórios, notas explicativas e informes de recursos minerais também serão fornecidos na medida do possível.

## 8 – REFERÊNCIAS

ADÔRNO, R. R. *et al.* The earliest ostracoda record from Brazil: Vila Maria Formation, Rio Ivaí Group, Paraná basin, central Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 19, n. 3, p. 379-388, 2016.

BIGNOT, G. **Elements of micropalaeontology**. Netherlands: Springer Science & Business Media, 1985. 217 p.

GREEN O. R. **A manual of practical laboratory and field techniques in palaeobiology**. Berlin: Springer Science & Business Media, 2013. 538 p.

JONES D. J. Preparation and preservation of microfossils. *In*: JONES, D. J. (edit.). **Introduction to microfossils**. New York: Harper, 1956. 406 p., cap. 2, p. 7-18.

SILVA J. G. F.; CÓRDOBA, V. C.; CALDAS, L. H. O. Proposta de novas unidades litoestratigráficas para o Devoniano da Bacia do Rio do Peixe, Nordeste do Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, n. 4, p. 561-578, Dec. 2014.

TUCKER, Maurice E. (ed.). **Sedimentary rocks in the field**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2003. 249 p.

TURRA, Bruno Boito. Projeto Bacias Ediacarana-Cambrianas das Províncias Mantiqueira e Borborema - PBEC. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, São Paulo, Relatório de Progresso [s.ident.], março/abril, 2020, 32 p.

VAJDA-SANTIVANEZ, V.; SOLAKIUS, N. Palynomorphs, foraminifera, and calcispheres from the greensand–limestone transition at Arnager, Bornholm: evidence of transgression during the late Cenomanian to early Coniacian. **GFF Journal**, v. 121, n. 4, p. 281-286, Jan. 1999.

## DIVISÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOFÍSICA INSTRUÇÃO TÉCNICA DISEGE 01 – 01.07.2020

### Orientações gerais para interpretações de dados aerogeofísicos (gamaespectrometria e magnetometria)

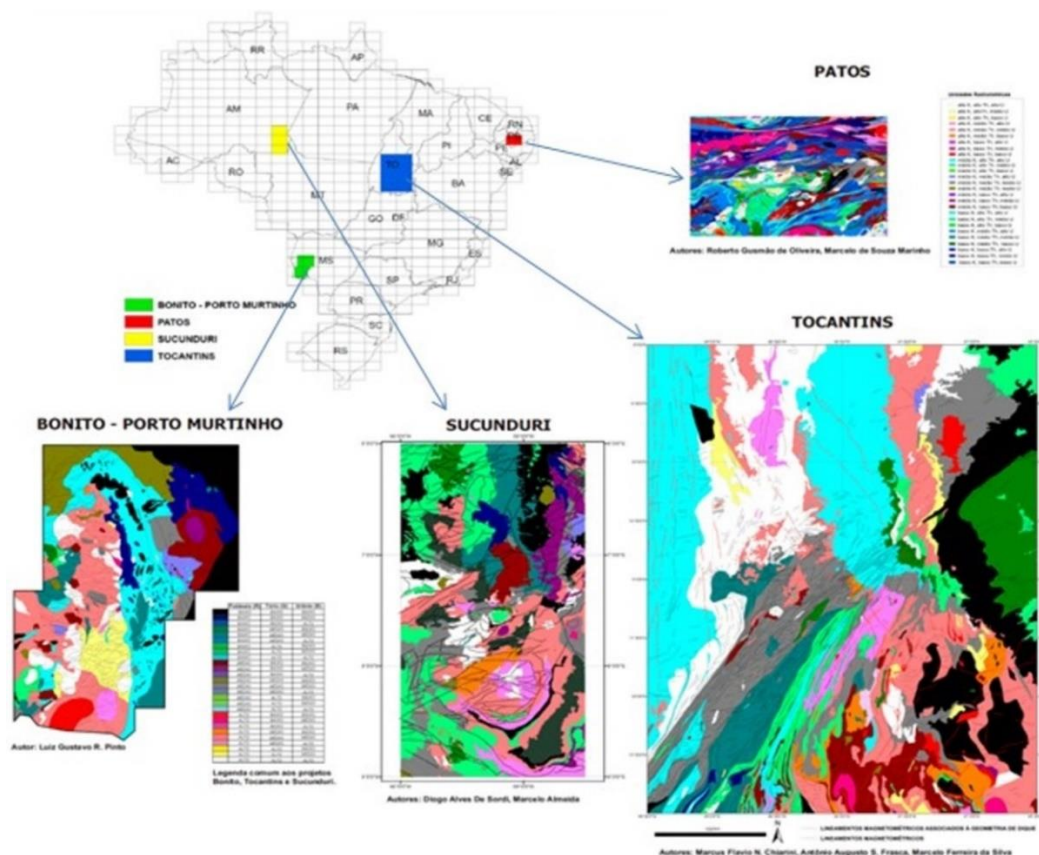
#### 1 – INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Serviço Geológico do Brasil-CPRM produziu um grande volume de dados aerogeofísicos (gamaespectrometria e magnetometria) em áreas do embasamento cristalino do Brasil. A quantidade de dados gerados e a dimensão das áreas levantadas ultrapassam em muito a capacidade de investigação em trabalhos de mapeamento geológico tradicionais.

Com o objetivo agregar valor aos dados aerogeofísicos, através da disponibilização de produtos de interpretação aerogeofísica, em 2012 foram realizados projetos experimentais na Diretoria de Geologia e Recursos Minerais (DGM) do Serviço Geológico do Brasil, fundamentados na interpretação geofísica-geológica, conforme exemplos mostrados na Figura 1.

Os produtos de interpretação de dados aerogeofísicos e integração geofísico-geológica devem ser entendidos como produtos iniciais para o mapeamento geológico e prospectivo de qualquer área. Aqui são priorizados os termos “interpretação” e “geofísica”, para passar ao leitor o caráter de inferência que o produto possui, e, portanto, não deve ser entendido como mapa geológico.

Esta instrução técnica visa a padronização “mínima” para geração produtos de interpretação de dados aerogeofísicos, fundamentais para subsidiar, principalmente o mapeamento geológico. Esta foi construída com base no relatório interno de Chiarini *et al.* (2013), que trata da proposição de métodos de representação e de interpretações de aerogamaespectrometria e aeromagnetometria.



**Figura 1** – Ilustração esquemática da distribuição de quatro projetos experimentais de interpretação de dados aerogeofísicos, desenvolvidos em áreas de dimensões e grau de conhecimento geológico distintos: Tocantins (8 folhas 1:250.000), Sucunduri (3 folhas 1:250.000), Bonito-Porto Murtinho (aproximadamente 3 folhas 1:250.000) e Patos (1 folha 1:250.000).

## 2 – OBJETIVOS

Todos os títulos a serem utilizados nos encartes geofísicos devem iniciar com o método geofísico, seguido do tema específico, como por exemplo:

- Aerogamaespectrometria – Contagem Total;
- Aeromagnetometria - Gradiente Total;
- Aerogravimetria – Anomalia Bouguer.

O principal objetivo deste informativo é a difusão de um padrão mínimo de representações e interpretações, que deve ser utilizado em projetos realizados em áreas com recobrimento aerogamaespectrométrico e aeromagnetométrico.

Os produtos gerados (Mapa de Interpretação Geofísica-Geológica) devem servir de subsídio inicial para o mapeamento geológico tradicional.

Objetivos específicos dos produtos de interpretação:

- Ampliar o entendimento do potencial de recursos minerais da área de trabalho, mediante uma avaliação consistente e detalhada dos dados geofísicos e geológicos, e da relação com ocorrências e depósitos minerais conhecidos;
- Melhorar a compreensão do arcabouço tectônico-estrutural da área de trabalho, por meio de uma interpretação consistente dos lineamentos magnetométricos;
- Gerar um produto que permita a seleção de áreas para detalhamentos geológicos e pesquisas de novos recursos minerais, e por consequência, a diminuição dos custos e prazos;
- Acelerar o conhecimento e a integração geológica de alvos e assinaturas geofísicas observadas nos aerolevantamentos;
- Produzir um método padrão simples de interpretação que possa ser empregado nas diversas regiões.

É importante ressaltar que as peculiaridades de cada projeto devem ser abordadas de forma específica, e que os dados aerogeofísicos podem ser tratados de formas e para finalidades diversas. Os intérpretes não devem concluir sua tarefa com o tipo de produto apresentado aqui, que representa o início da abordagem em uma determinada área.

Os processamentos e representações das interpretações propostas possuem o intuito de serem o mais simples possível, de modo a ser realizado por profissionais com perfis distintos, tornando possível a integração de duas ou mais interpretações adjacentes espacialmente.

O intérprete tem que deixar clara a separação dos fatos e das interpretações. A ambiguidade é intrínseca à qualquer método geofísico. Por exemplo: uma anomalia radiométrica negativa é um fato (pode ser interpretada como relacionada à água, areia, arenito, quartzito, rochas ultramáficas, etc.), no entanto associá-la à determinada rocha sem o mapeamento geológico em campo, é uma interpretação, em geral duvidosa. Outra observação que merece destaque é o fato de que um domínio de ocorrência de determinada rocha pode possuir mais de uma assinatura geofísica, dependendo de fatores como: grau de intemperismo, cobertura vegetal, umidade do solo, diferenças de altura e velocidade da aquisição do dado aerogeofísico, entre outros. Assim como um mesmo domínio de resposta geofísica pode representar mais de um tipo de rocha, como acontece em geral com quartzito e arenito. Daí a importância do mapeamento geológico, que é indispensável.

### 3 – INTERPRETAÇÃO DE DADOS MAGNETOMÉTRICOS

#### 3.1 – Lineamentos magnetométricos

Na interpretação de lineamentos magnetométricos, sugere-se não discriminar inicialmente que tipo de estrutura está associada aos lineamentos. A interpretação deve basear-se na geometria dos lineamentos. Posteriormente, a discriminação de estruturas pode ser realizada sempre que houver segurança, com a caracterização na legenda dos mapas, representando-se por cores diferentes determinadas estruturas interpretadas que mereçam destaque. Também é interessante avançar no entendimento dos lineamentos magnetométricos quanto a profundidade das fontes, sua representação na superfície/relevo (a partir da interpretação de imagens de sensoriamento remoto), e como estes estão representados em outros produtos geofísicos (gravimetria, sísmica, até mesmo a gamaespectrometria canal do tório, etc.).

Na interpretação de lineamentos magnetométricos, deve-se utilizar os conceitos aqui propostos, que os discriminam em lineamentos de 1ª e 2ª ordens, abaixo caracterizados. A Tabela 1 mostra os principais produtos e suas respectivas características realçadas para interpretação de lineamentos magnetométricos.

##### 3.1.1 – Lineamentos magnetométricos de 1ª Ordem

São os mais expressivos, representados por anomalias com baixa frequência (profundas) e com expressão regional. Em geral marcam grandes estruturas. Apresentam predominantemente traços longos e curvilíneos, que delimitam domínios magnéticos (Figura 2).

As interpretações geológicas mais comuns para esses lineamentos são contatos entre domínios tectônicos, zonas de cisalhamento dúcteis, zonas de cavalgamento, nappes, falhas regionais. Por vezes caracterizam contatos geológicos.

##### 3.1.2 – Lineamentos magnetométricos de 2ª Ordem

São representados por anomalias com alta frequência (rasas), de expressão local. Normalmente, apresentam-se como lineamentos curtos e retilíneos, que definem a trama interna dos domínios magnéticos. Também pode ser a representação local de lineamentos de 1ª ordem. Geralmente, são interpretados como traços superficiais de zonas de cisalhamento rúptil, falhas, fraturas ou superfícies “S”, como foliações (Figura 2).

##### 3.1.3 – Lineamentos magnetométricos associados à geometria de dliques

Uma terceira classe de lineamentos foi proposta para destacar os diques de rochas magnéticas, que em geral são corpos geológicos com resposta magnetométrica bem definida e assinatura característica, com padrões regulares, e por vezes extensões regionais.

#### 3.2 – Domínios magnetométricos

Domínios magnetométricos são áreas de movimentação, comprimento de onda, *trend* e amplitudes semelhantes.

A geometria e o arranjo relativos aos domínios magnetométricos fornecem informações acerca da cinemática. Os limites entre domínios magnetométricos podem representar desde fácies em corpos ígneos, contatos, falhas até suturas tectônicas (Figura 3).

**Tabela 1** – Resumos dos principais produtos utilizados na interpretação magnetométrica, em que M é o campo magnético anômalo, x e y são direções horizontais e z é a direção vertical. Fonte: Ferreira *et al.* (2010).

Tema	Sigla	Fórmula	Objetivo/Interpretação	Unidade	Referência
Gradiente horizontal (direção x)	DX	$\frac{\partial M}{\partial x}$	Realce de estruturas na direção y	nT/m	-
Gradiente horizontal (direção y)	DY	$\frac{\partial M}{\partial y}$	Realce de estruturas na direção x	nT/m	-
Gradiente vertical (direção z)	DZ	$\frac{\partial M}{\partial z}$	Realce de fontes rasas	nT/m	-
Gradiente horizontal total*	GHT	$\sqrt{\frac{\partial M^2}{\partial x} + \frac{\partial M^2}{\partial y}}$	Os máximos marcam as bordas dos corpos.	nT/m	Cordell e Grauch (1985)
Gradiente total	GT	$\sqrt{\frac{\partial M^2}{\partial x} + \frac{\partial M^2}{\partial y} + \frac{\partial M^2}{\partial z}}$	Centraliza fontes. Todavia perde resolução com a profundidade dos corpos	nT/m	Roest, verhoef e Pilkington (1992); Li (2006)
Inclinação do sinal analítico	ISA	$\tan^{-1}\left(\frac{Dz}{GHT}\right)$	Equaliza fontes. Corpos rasos e profundos com amplitudes similares	rad	Miller e Singh (1994)
Theta map*	ThetaMap	$\cos^{-1}\left(\frac{GHT}{GT}\right)$	Equaliza fontes. Os máximos marcam os centros dos corpos	rad	Wijns, Perez e Kowalczyk (2005)
Inclinação do gradiente horizontal total*	IGHT	$\tan^{-1}\left(\frac{GHT}{ Dz }\right)$	Equaliza fontes. Os máximos marcam as bordas dos corpos	rad	Cooper e Cowan (2006)
Inclinação do sinal analítico do gradiente horizontal total*	ISA_GHT	$\tan^{-1}\left(\frac{\frac{\partial GHT}{\partial z}}{\sqrt{\frac{\partial GHT^2}{\partial x} + \frac{\partial GHT^2}{\partial y}}}\right)$	Equaliza fontes. Os máximos marcam as bordas dos corpos.	rad	Ferreira <i>et al.</i> (2013)
Gradiente horizontal total da inclinação do sinal analítico	GHT_ISA	$\sqrt{\frac{\partial ISA^2}{\partial x} + \frac{\partial ISA^2}{\partial y}}$	Independente da inclinação do campo magnético. Os máximos marcam as bordas dos corpos.	rad/m	Verduzco <i>et al.</i> (2004)

\*Comumente utilizados em dados reduzidos ao polo.

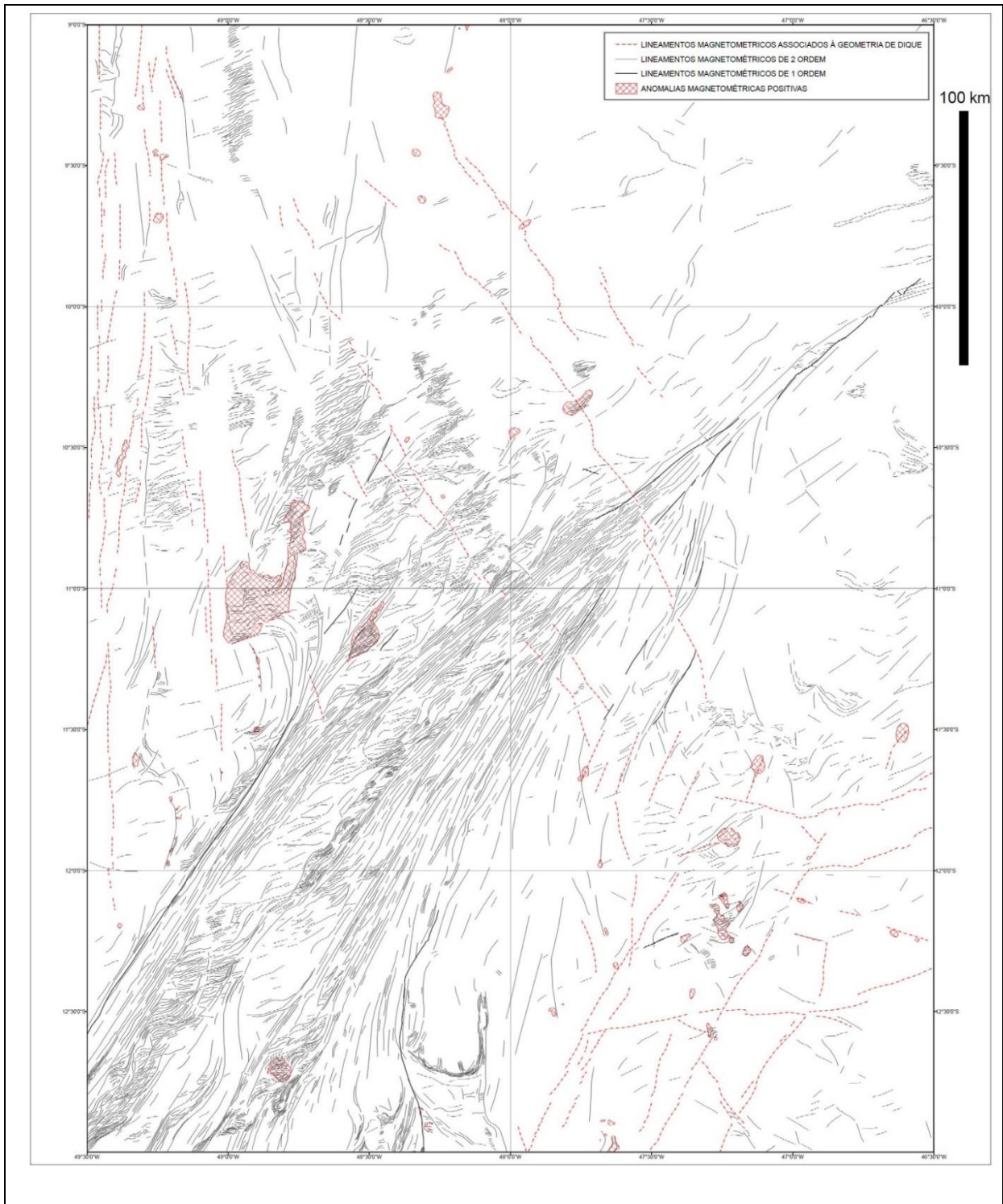
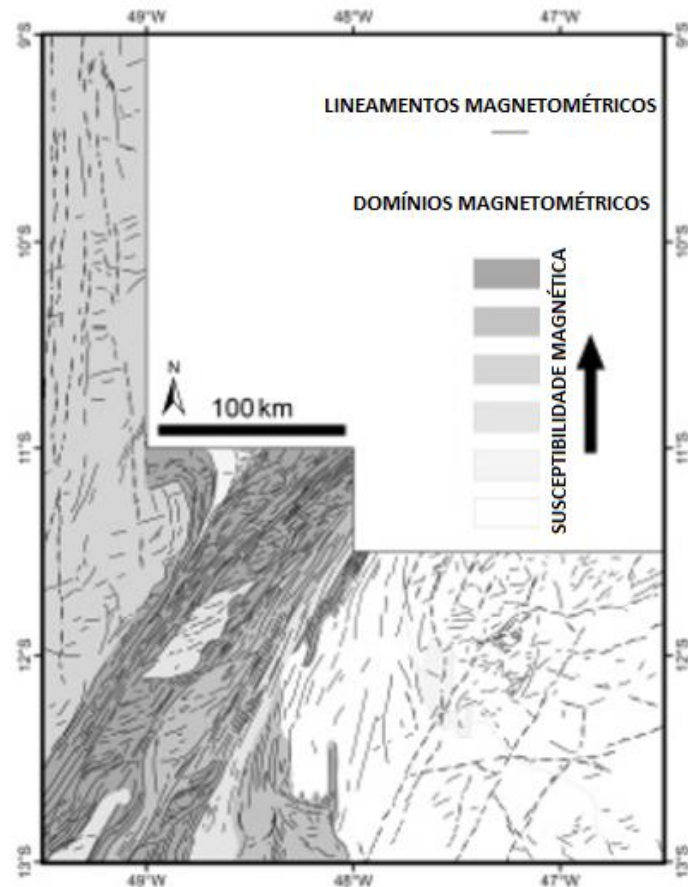


Figura 2 – Exemplo de mapa de interpretação de lineamentos magnetométricos.

Fonte: Chiarini e Frasca (2012).



**Figura 3** – Domínios magnetométricos interpretados. Fonte: Chiarini e Frasca (2012).

Na individualização de domínios magnetométricos, e para não poluir o mapa de interpretação, deve-se optar por representar anomalias positivas (altos gradientes de amplitude) em polígonos vazados, com trama isométrica (não direcional). Se o interesse maior da área forem anomalias magnetométricas negativas, como por exemplo na pesquisa de granitos reduzidos com potencial para estanho, a melhor opção seria representar somente as anomalias negativas.

#### 4 – INTERPRETAÇÃO DE DADOS GAMAESPECTROMÉTRICOS

A discriminação de domínios com assinaturas gamaespectrométricas similares deve ser realizada em todos os projetos, em sua fase inicial, pois esta análise é fundamental para subsidiar a cartografia geológica. Produtos gamaespectrométricos também são importantes para pesquisa de recursos minerais, por exemplo, realçam alteração hidrotermal, que pode ser evidenciada nos mapas do Potássio Anômalo e Fator F.

Para interpretação dos produtos gamaespectrométricos e geração dos mapas geofísico-geológicos, idealmente a representação dos domínios gamaespectrométricos interpretados deve ser realizada de modo que se tenha similaridade entre os mapas produzidos por diferentes intérpretes. Deve ser realizada uma avaliação discriminatória qualitativa entre concentrações de cada radioelemento em três classes, de baixo, médio e alto teor relativo.

As discussões acerca da linha de corte entre as classes baixa/média e média e alta são pertinentes e subjetivas. Mesmo os dados estando convertidos em concentração, ainda não é possível integrá-los, pois restam algumas correções minuciosas que devem ser realizadas. Na prática, quando o conjunto de dados possui grandes dimensões, os parâmetros estatísticos tendem a se assemelhar. Como a distribuição dos teores dos elementos radioativos não seguem uma distribuição normal (Gaussiana) perfeita (caudas simétricas em relação à média), e sim tendem a log-normal, se atribuirmos uma constante a ser somada e



subtraída da média como linha de corte entre as classes, as classes não ficariam com o mesmo número de amostras. Por exemplo: média - ½ do desvio padrão (baixa/média) e média + ½ do desvio padrão (média/alta). Neste caso haveria mais amostras para os teores baixos. Como não se quer “privilegiar” nenhuma classe, sugere-se que as linhas de corte sejam 33,33...% e 66,66... % da frequência acumulada. Desta forma todas as classes terão o mesmo número de amostras.

Como a subjetividade da interpretação por vezes supera a diferença entre alguns métodos, estamos tratando de algo próximo ao preciosismo.

O número de 27 classes se aproxima da mesma ordem de grandeza da legenda de um mapa geológico, além da simplicidade que é desejada. Lembrando que nem sempre todas as classes ocorrerão, por exemplo é raro ocorrer baixo K, baixo eTh e alto eU.

A tabela 2 ilustra a composição de cores sugerida. Nos dados utilizamos 16.777.216 composição de cores RGB (256 x 256 x 256) e nas interpretações arbitramos 27 cores (3 x 3 x 3) “equiespaçadas em tonalidade” para conferir o maior contraste possível e facilitar a analogia com os dados. A Figura 4 ilustra as características que devem ser adotadas nas representações de domínios gamaespectrométricos.

**Tabela 2** – Composição de cores utilizada na interpretação de gamaespectrometria.

K eTh eU	RÓTULO	RGB	COR
baixa.baixa.baixa	111	000.000.000	
baixa.baixa.média	112	000.000.128	
baixa.baixa.alta	113	000.000.255	
baixa.média.baixa	121	000.128.000	
baixa.média.média	122	000.128.128	
baixa.média.alta	123	000.128.255	
baixa.alta.baixa	131	000.255.000	
baixa.alta.média	132	000.255.128	
baixa.alta.alta	133	000.255.255	
media.baixa.baixa	211	128.000.000	
media.baixa.média	212	128.000.128	
media.baixa.alta	213	128.000.255	
média.média.baixa	221	128.128.000	
média.média.média	222	128.128.128	
media.média.alta	223	128.128.255	
media.alta.baixa	231	128.255.000	
media.alta.média	232	128.255.128	
media.alta.alta	233	128.255.255	
alta.baixa.baixa	311	255.000.000	
alta.baixa.média	312	255.000.128	
alta.baixa.alta	313	255.000.255	
alta.média.baixa	321	255.128.000	
alta.média.média	322	255.128.128	
alta.média.alta	323	255.128.255	
alta.alta.baixa	331	255.255.000	
alta.alta.média	332	255.255.128	
alta.alta.alta	333	255.255.255	

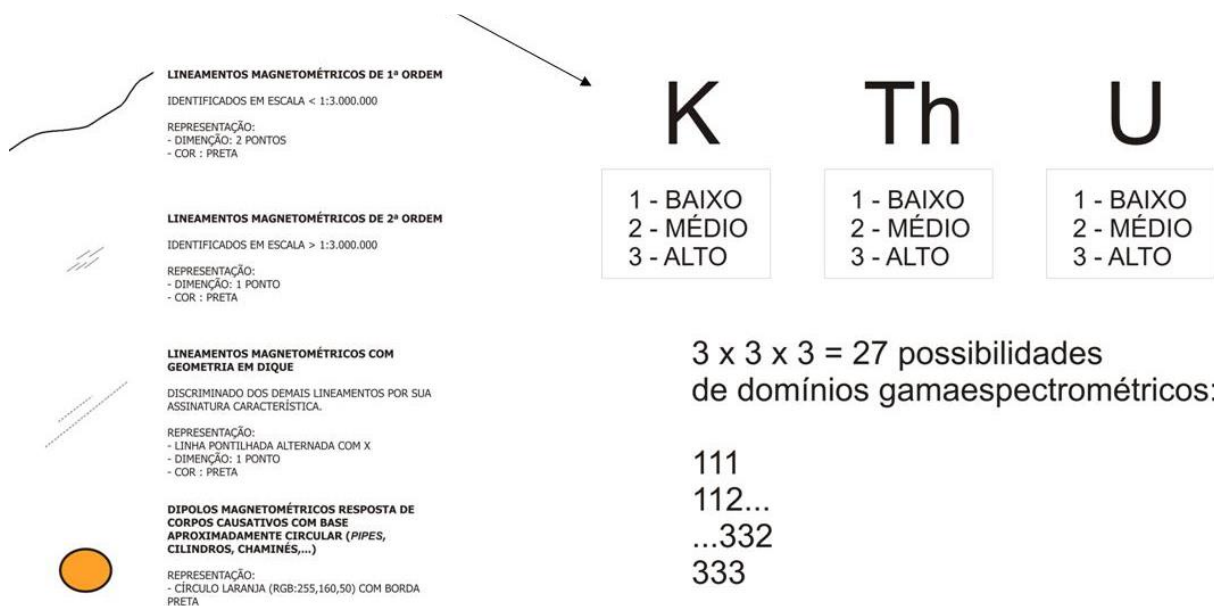


Figura 4 – Ilustração da atribuição de cores (RGB) aos domínios discriminados.

O intérprete pode e deve usar da subjetividade para ressaltar geometrias e feições que forneçam informações estruturais e cinemáticas, do contrário, bastaria uma classificação automática dos dados. A figura 5 exemplifica essa subjetividade.

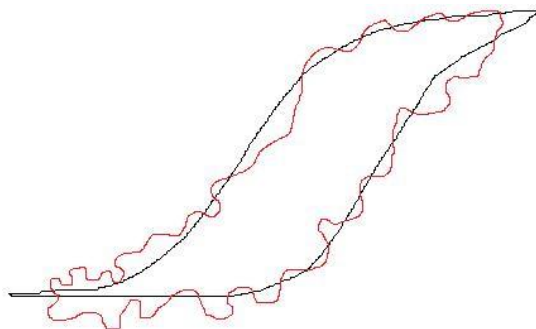
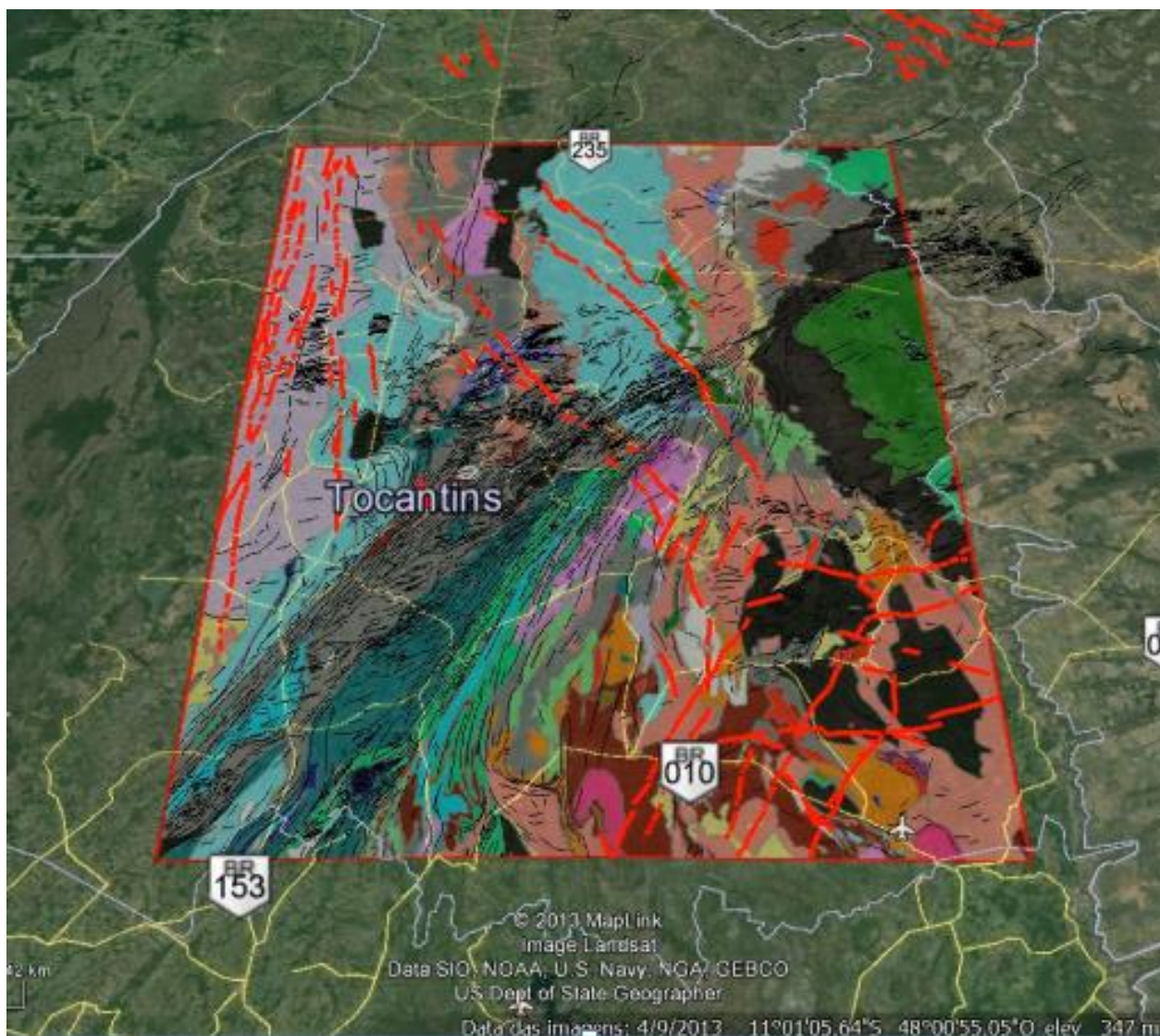


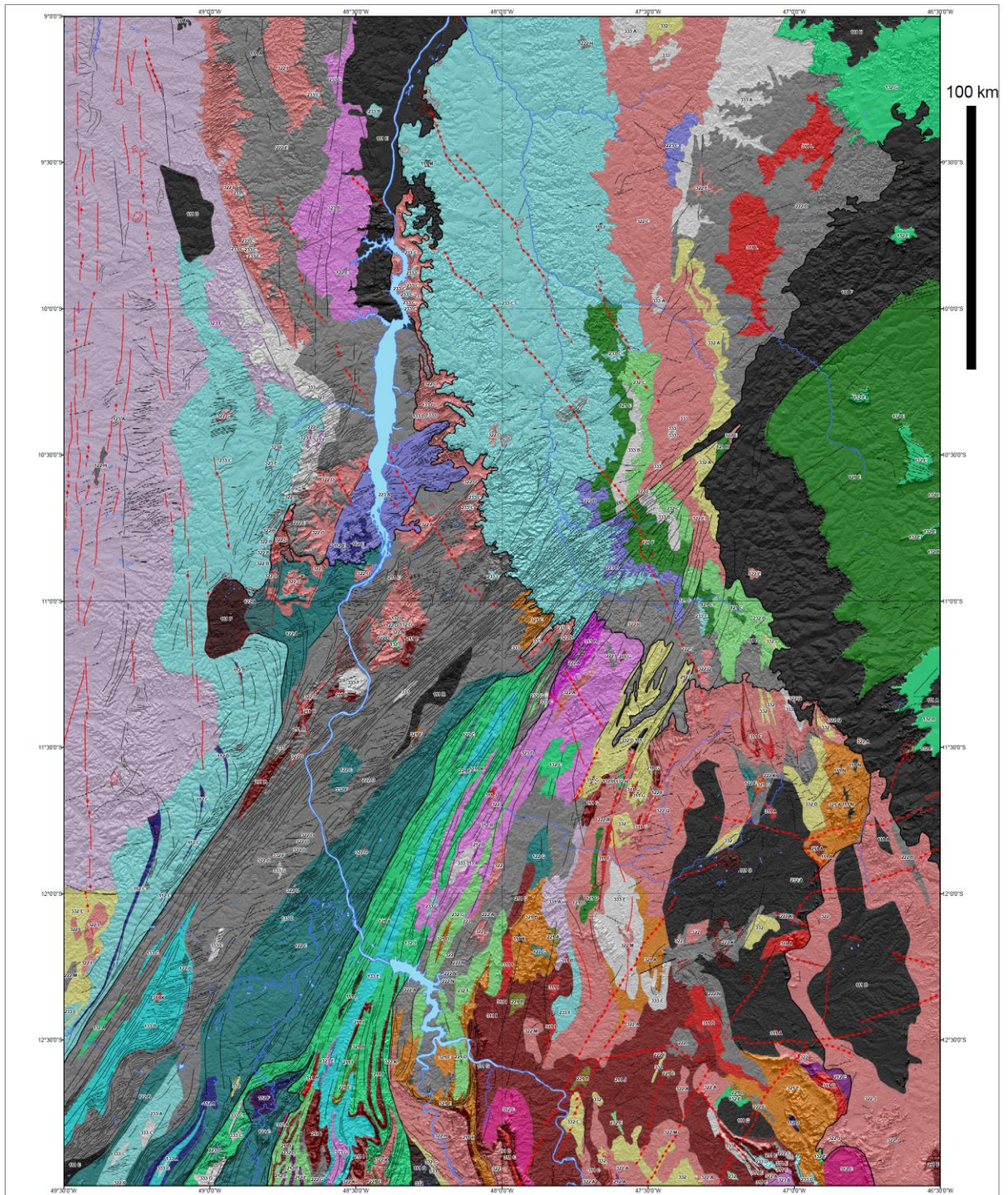
Figura 5 – Exemplo de extrapolação do intérprete (linha preta) para atribuir feições com indicadores cinemáticos, ou seja, uso da subjetividade. A linha vermelha representa o limite da classe levando-se em conta o valor dos pixels.

Os seguintes aspectos devem ser considerados durante a interpretação:

- Plotar recursos minerais com o intuito de estudar assinaturas e/ou feições diagnósticas;
- Balizar os domínios gamaespectrométricos em estruturas magnetométricas (quando possível);
- Utilizar do Modelo Digital de Elevação (MDE) ou Modelo Digital do Terreno (MDT) oriundo de sensores remotos de alta resolução, utilizando principalmente as quebras negativas, como auxílio no traço dos limites dos domínios gamaespectrométricos;
- Atentar à geometria dos polígonos e relações de corte, pois estas fornecem interpretações cinemáticas e cronológicas;
- Evitar lineamentos magnetométricos de 1º ordem com excesso de segmentos.
- Em áreas com mineralizações controladas por estruturas, utilizar a deconvolução de Euler.
- As figuras 6 e 7 exemplificam o resultado final da interpretação dos dados aerogeofísicos.



**Figura 6** – Imagem esquemática do mapa produzido no Projeto de Interpretação e Integração Geofísica-Geológica – Tocantins (8 folhas na escala 1:250.000) em perspectiva no *Google Earth*. Fonte: Chiarini e Frasca (2012).

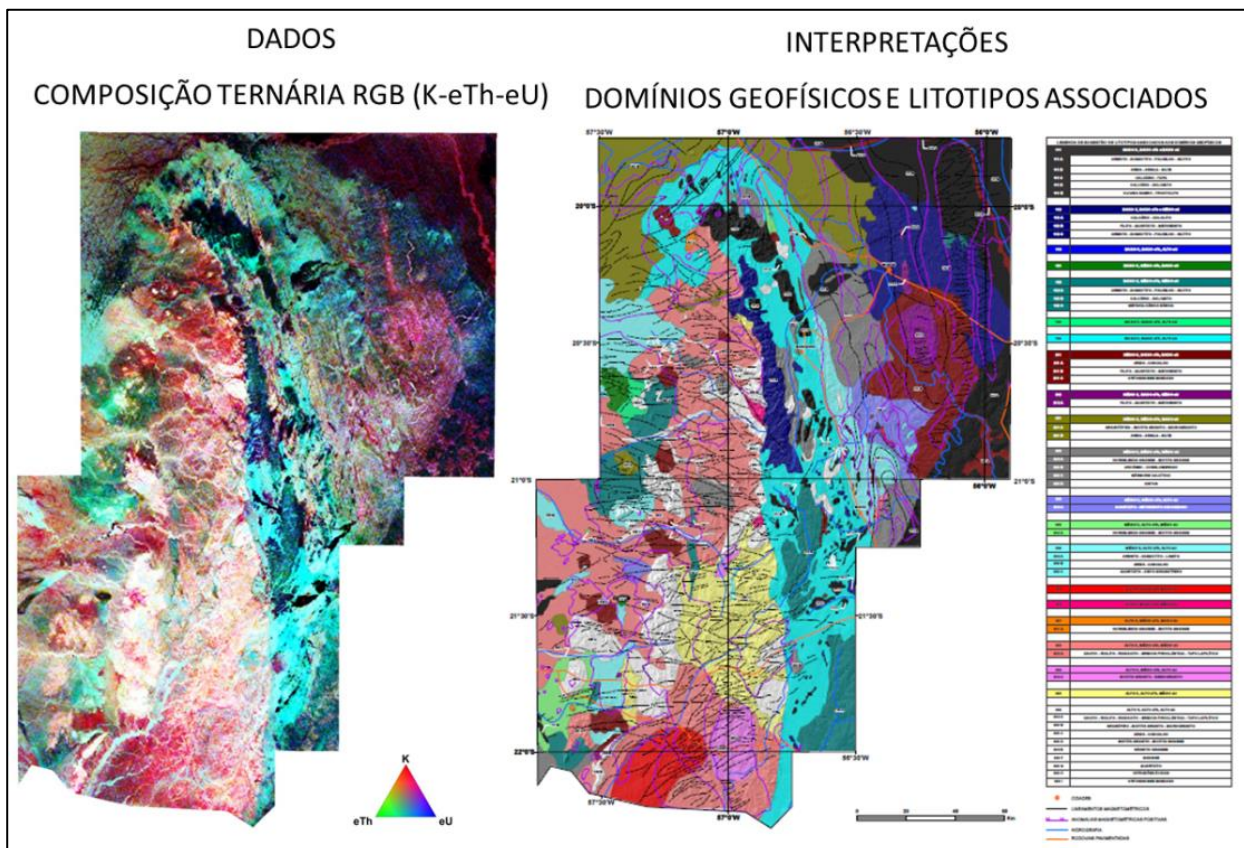


**Figura 7** – Ilustração esquemática do Mapa de integração geofísico-geológica do projeto referido na figura 6. Fonte: Chiarini e Frasca (2012).

## 5 – INTEGRAÇÃO E CORRELAÇÃO DAS INTERPRETAÇÕES COM A BASE DE DADOS LITOLÓGICOS

Domínios gamaespectrométricos com propriedades semelhantes podem representar assinaturas geofísicas de vários tipos de rocha, exemplo: o rótulo 111 (baixo K, baixo eTh e baixo eU) pode estar associado a ultramáficas, areia, arenito, quartzito, água, etc., assim como o rótulo 333 (alto K, alto eTh e alto eU) pode representar granito, sienito de alto potássio, etc.

Na etapa de correlação das interpretações com dados de litologia sugere-se a discriminação desses domínios de mesmo rótulo geofísico, associando um tipo de rocha predominante, conforme apresentado na Figura 8.



**Figura 8** – Ilustração que permite a comparação dos dados (à esquerda) às interpretações (à direita). As interpretações foram realizadas com a integração de informações de mapa geológico no milionésimo, Modelo Digital de Terreno, estações geológicas e dados estruturais de projetos históricos. Fonte: Pinto (2012).

Para a integração dos domínios gamaespectrométricos aos dados geológicos deve-se utilizar a base de dados de afloramentos, base de litologia disponível, além de informações da bibliografia sobre a área de estudo, a mais completa possível, incluindo relatórios da CPRM, dissertações, teses, periódicos, etc.

O modelo padrão de layout do mapa geofísico-geológico resultante da interpretação e integração de dado é disponibilizado como anexo a este documento.

## 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Cada área possui suas peculiaridades que devem ser estudadas com processamentos e interpretações dirigidas, que podem ser variáveis em função da experiência do responsável pela interpretação. O método aqui apresentado é aplicável a qualquer projeto realizado em uma área com dados de aerogamaespectrometria e aeromagnetometria, com espaçamento entre linhas de 500 m ou

próximo a este valor. As particularidades de cada área, assim como os objetivos do projeto, devem ser abordadas de maneira exclusiva, para atender as especificidades, conforme exemplos abaixo:

- Projeto com interesse na pesquisa de granitos estaníferos (reduzidos): enfatizar as anomalias negativas magnetométricas;
- Projeto com interesse em avaliar potencial de ETR: realçar os altos valores gamaespectrométricos (normalizados).

Esta instrução visou fornecer orientações gerais para interpretações de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos, que devem estar em constante evolução, e contribuições sempre serão muito bem-vindas. É importante ressaltar que interpretação de dados indiretos não substitui dados de campo, de modo que um mapa geológico só pode ser assim chamado, mediante levantamentos geológicos sistemáticos de campo.

## 7 – REFERÊNCIAS

- CHIARINI, M. F. N.; FRASCA, A. A. S. **Projeto de Interpretação e Integração Geofísica-Geológica – Tocantins**. Relatório Interno. [S.I.]: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.
- CHIARINI, M. F. N. *et al.* **Proposição de métodos de representação e de interpretação de aerogamaespectrometria e aeromagnetometria**. Relatório Interno. [S.I.]: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2013. 29 p.
- COOPER, G. R. J; COWAN D. R. Enhancing potential field data using filters based on the local phase. **Computers & Geosciences**, v. 32, n. 10, p. 1585-1591, 2006.
- CORDELL, L.; GRAUNCH, V. J. S. Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico. *In*: HINZE, W. J. (ed). **The Utility of regional gravity and magnetic anomalies maps**. Tulsa: Society of Exploration Geophysicists, 1985. p. 181-197.
- FERREIRA, J. F. F. *et al.* Realce do gradiente horizontal total de anomalias magnéticas usando a inclinação do sinal analítico. Parte I – Aplicação a dados sintéticos. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA, 4., 14-17 nov. 2010, Brasília, DF. **Resumos expandidos...** Brasília: SBGf, 2010.
- FERREIRA, F. J. F. *et al.* Enhancement of the total horizontal gradiente of magnetic anomalies using the tilt angle. **Geophysics**, v. 78, n. 3, p. J33-J41, 2013.
- LI, X. Understanding 3D analytic signal amplitude. **Geophysics**, v. 71, n. 2, p. L13-L16, 2006.
- MILLER, H. G.; SINGH. V. Potential field tilt – a new concept for location of potential field sources. **Journal of Applied Geophysics**, v. 32, n. 2-3, p. 213-217, 1994.
- PINTO, L. G. R. **Projeto de interpretação e integração geofísica-geológica – Bonito – Porto Murtinho**. Relatório Interno. [S.I.]: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2012.
- ROEST, W. R.; VERHOEF, J.; PILKINGTON, M. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. **Geophysics**, v. 57, n. 1, p. 116-125, 1992.
- VERDUZCO, B. *et al.* New insights into magnetic derivatives for structural mapping. **The Leading Edge**, v. 23, n. 2, 116-119, 2004.
- WIJNS, C.; PEREZ, C.; KOWALCZYK, P. Theta map: Edge detection in magnetic data. **Geophysics**, v. 70, n. 4, p. L39-L43, 2005. **Guia de Procedimentos Técnicos da DGM**

## **DIVISÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOFÍSICA**

### **INSTRUÇÃO TÉCNICA DISEGE 02 – 01.07.2020**

#### **Nomenclatura de encartes geofísicos em mapas**

## **1 – INTRODUÇÃO**

Esta instrução técnica tem como finalidade específica padronizar a nomenclatura dos encartes geofísicos utilizados nos diversos mapas temáticos (geológico, recursos minerais e prospectividade) elaborados em projetos da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais (DGM) do Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

Destaca-se que são elementos indispensáveis nos encartes geofísicos: escala de cores do tema geofísico utilizado, escala gráfica e coordenadas geográficas.

Encartes geofísicos não previstos neste documento poderão ser utilizados, quando destinados ao destaque de feições específicas. Nesta situação, para a utilização em produtos da CPRM, a Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE) deverá ser consultada a respeito da correta nomenclatura a ser adotada.

## **2 – TEMAS DE ENCARTES GEOFÍSICOS**

Todos os títulos a serem utilizados nos encartes geofísicos devem iniciar com o método geofísico, seguido do tema específico, como por exemplo:

- Aerogamaespectrometria – Contagem Total;
- Aeromagnetometria - Gradiente Total;
- Aero gravimetria – Anomalia Bouguer.
- Integração de dados Aerogeofísicos – Mapa Litológico Preditivo

### **2.1 – Aeromagnetometria**

Em magnetometria, várias escolas adotam o termo “Sinal Analítico” ou “Amplitude do Sinal Analítico”. No entanto, para nos adequarmos a literatura técnica internacional mais atual, orienta-se a utilização da denominação “Gradiente Total”, assim como o desuso dos termos “Campo Total” ou “Campo Magnético Anômalo”, e sua substituição por “Anomalia Magnetométrica”. Lembrando que ao citarmos a função matemática do tema a sua leitura torna-se objetiva.

• ANOMALIA MAGNETOMÉTRICA (AM)

$$AM = CM - (CME + CGM)$$

AM: Anomalia Magnetométrica (1%)

CM: Campo Medido

CME: Campo Magnético Externo (fontes externas ao globo terrestre)

CGM: Campo Geomagnético (99%) *International Geomagnetic Reference Field (IGRF)*

A Anomalia Magnetométrica (Figura 1) é o resultado do campo medido menos o campo magnético gerado pelo núcleo externo da Terra. O campo geomagnético corresponde a apenas 1% do campo medido no equipamento. Sua origem é devida a existência de rochas contendo minerais com forte susceptibilidade magnética, apresenta um caráter dipolar, o que dificulta a sua interpretação e por esse motivo deve ser usado com cautela.

Este encarte deve ser apresentado para mostrar os dados em uma fase inicial, sem a aplicação de filtros de realce, ou quando se deseja destacar a macro estruturação magnetométrica, relativamente mais profunda aos temas derivados e/ou dipolos de relevância.

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é nanoTesla (nT).

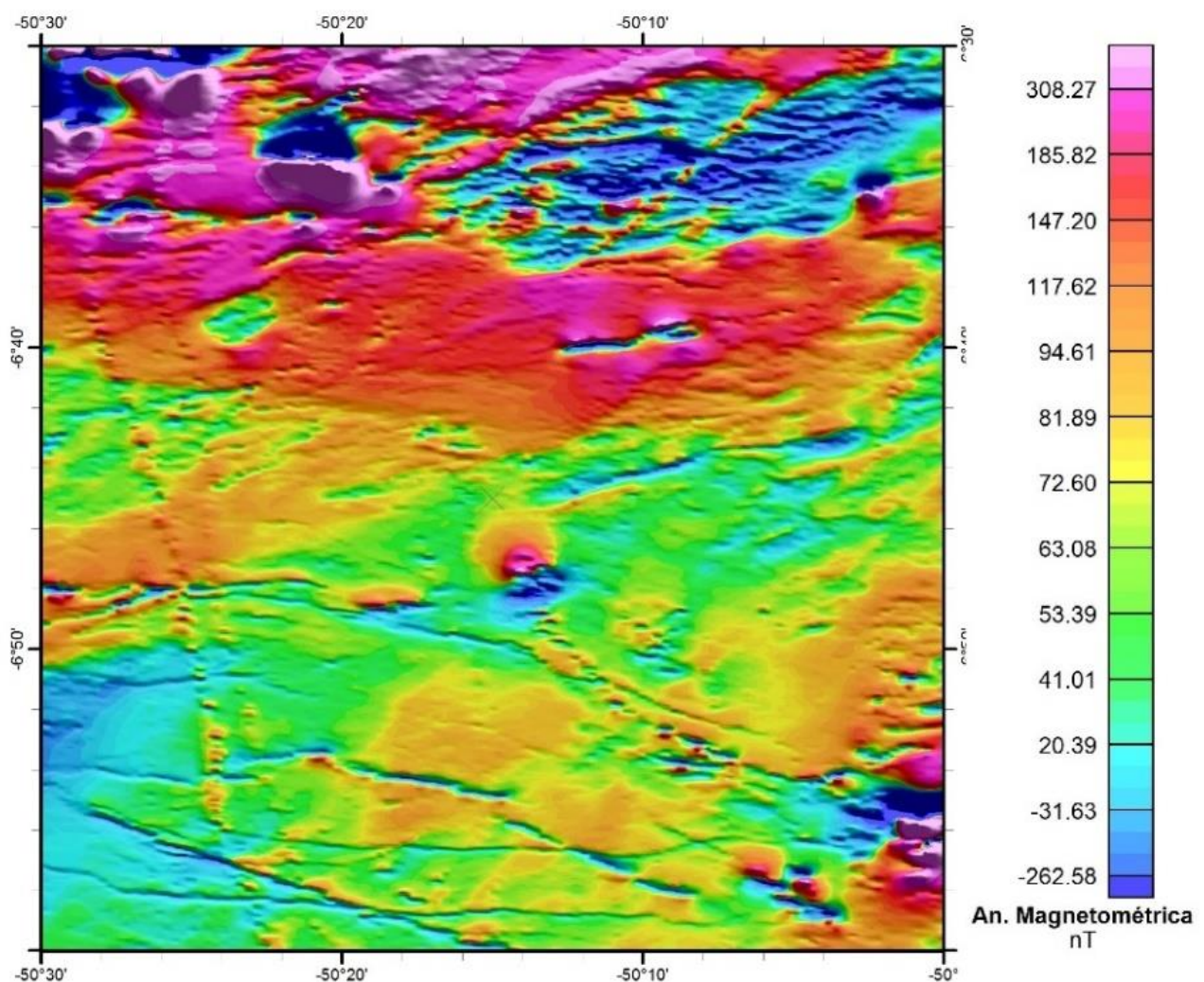


Figura 1 – Aeromagnetometria - Anomalia Magnetométrica (AM) para a folha SB-22-Z-A-V.



- GRADIENTE TOTAL (GT)

$$GT = \sqrt{\frac{\partial AM^2}{\partial x} + \frac{\partial AM^2}{\partial y} + \frac{\partial AM^2}{\partial z}}$$

AM é a Anomalia Magnetométrica  
x e y são direções horizontais e z é a direção vertical

O Gradiente Total (Figura 2) representa a amplitude do vetor resultante da soma das três derivadas direcionais da Anomalia Magnetométrica (NABIGHIAN, 1972; LI, 2006). Este produto realoca as anomalias positivas sobre os corpos magnéticos, independente da orientação de magnetização do corpo. Ou seja, o Gradiente Total é um bom produto para interpretação de corpos magnéticos, como por exemplo diques máficos. Todavia, dimensões horizontais na anomalia em relação ao corpo causativo são extrapoladas (LI, 2006).

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é nT/m.

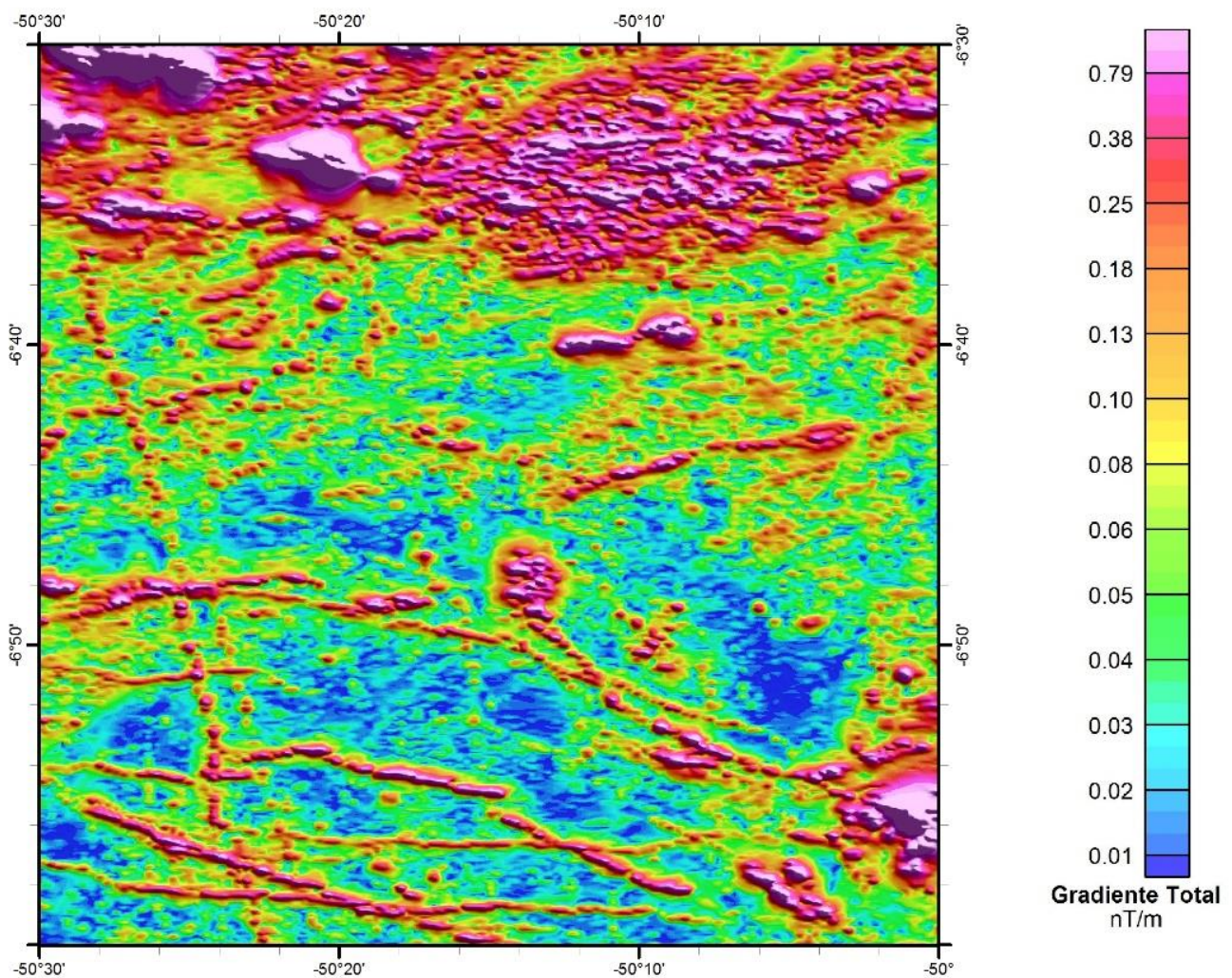


Figura 2 – Aeromagnetometria - Gradiente Total (GT) para a folha SB-22-Z-A-V.

• PRIMEIRA DERIVADA VERTICAL (Dz)

$$Dz = \frac{\partial AM}{\partial z}$$

AM é Anomalia Magnetométrica  
z é a direção vertical.

A Primeira Derivada Vertical (Figura 3) é o filtro passa-alta mais utilizado no entendimento do arcabouço estrutural devido ao seu alto grau de confiabilidade e sua ausência de tendência regional (ISLES; RANKIN, 2013). Além disso, esta derivada realça as fontes rasas e atenua as fontes mais profundas simultaneamente. A mesma pode ser representada tanto em escala de cores, quanto em escala de cinzas.

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é nT/m.

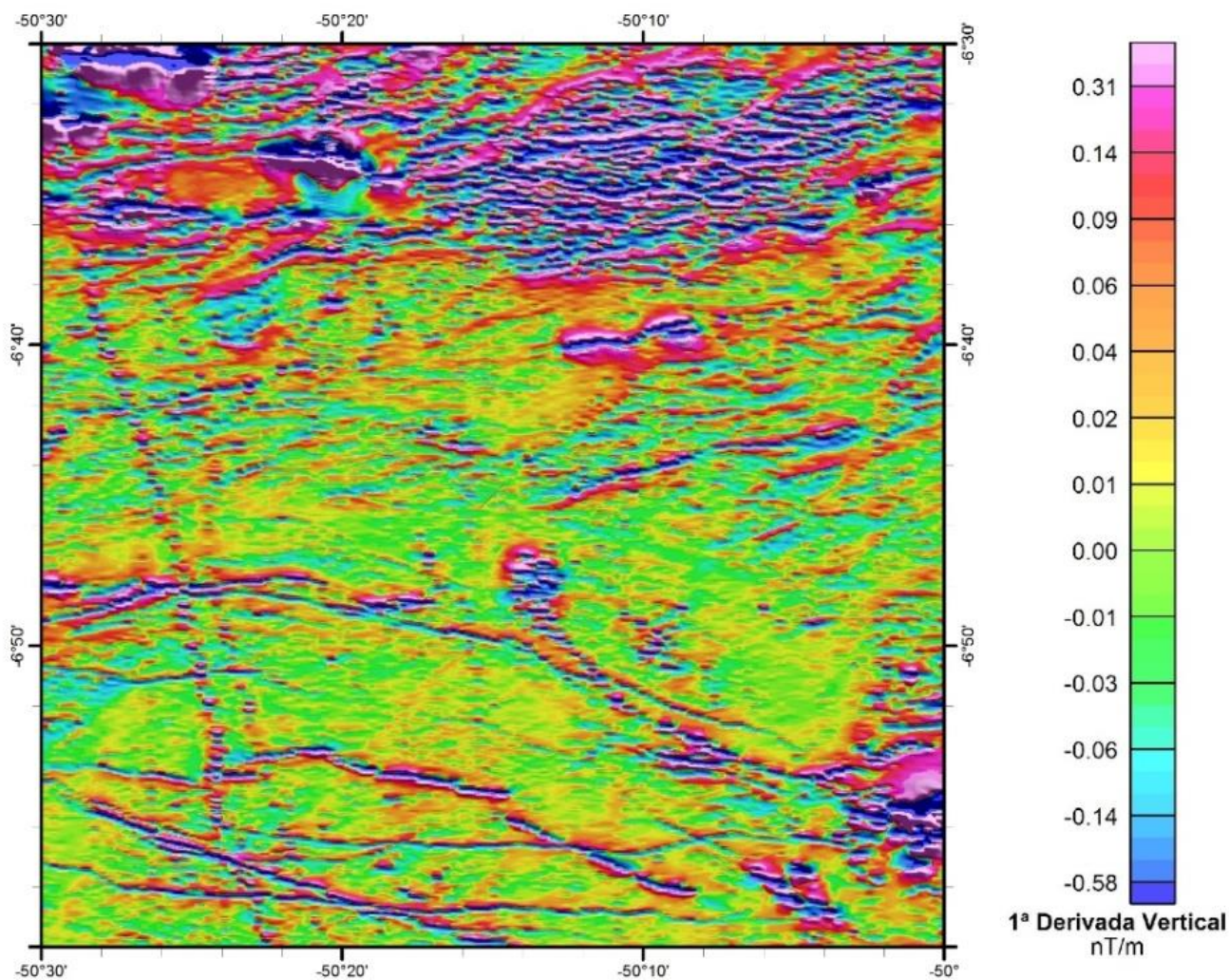


Figura 3 – Aeromagnetometria - Primeira Derivada Vertical (Dz) para a folha SB-22-Z-A-V.

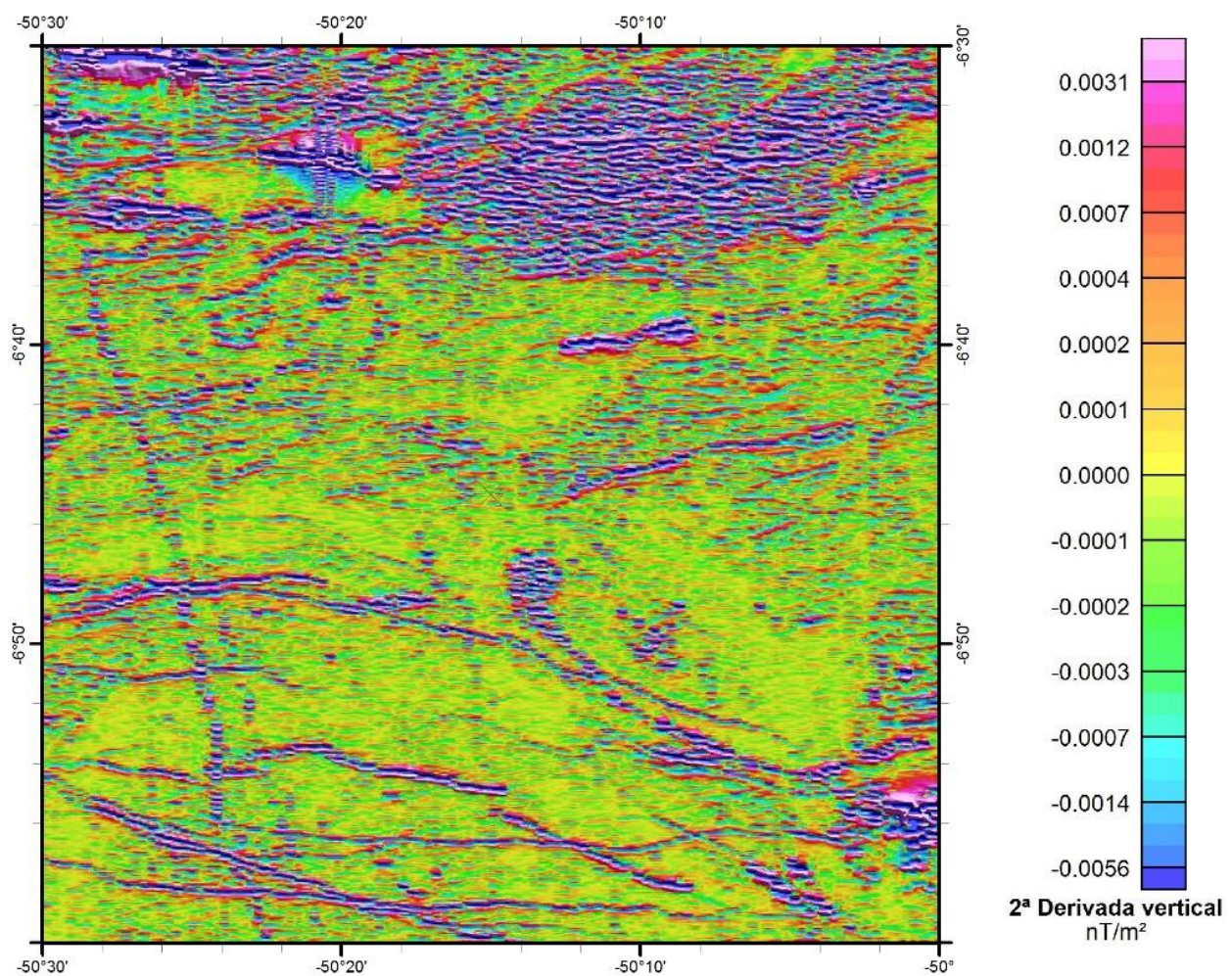
- SEGUNDA DERIVADA VERTICAL (2Dz)

$$Dz = \frac{\partial^2 AM}{\partial z^2}$$

AM é Anomalia Magnetométrica  
z é a direção vertical.

A Segunda Derivada Vertical (Figura 4) resalta ainda mais as feições rasas em comparação a Primeira Derivada Vertical. Apesar de comitaneamente realçar também pequenos ruídos do dado magnético, é possível extrair feições estruturais mais suaves que ficam despercebidas na Anomalia Magnetométrica e na Primeira Derivada Vertical. Também pode ser representada tanto em escala de cores, quanto em escala de cinzas.

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é nT/m<sup>2</sup>.



**Figura 4** – Aeromagnetometria - Segunda Derivada Vertical (2Dz) para a folha SB-22-Z-A-V.

• PRIMEIRA DERIVADA DIRECIONAL

$$D\alpha = \frac{\partial AM}{\partial \alpha}$$

AM é a Anomalia Magnetométrica e  $\alpha$  é a direção da derivação (no eixo x ou y)

Assim como a Primeira Derivada Vertical (Figura 3), além de evidenciar os corpos e estruturas geológicas menores e mais rasas, são utilizadas Derivadas Direcionais (e.g. Figura 5) para o refinamento de interpretação que tenha a finalidade de realçar uma direção preferencial da área de trabalho. Também pode ser representada tanto em escala de cores, quanto em escala de cinzas.

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é nT/m.

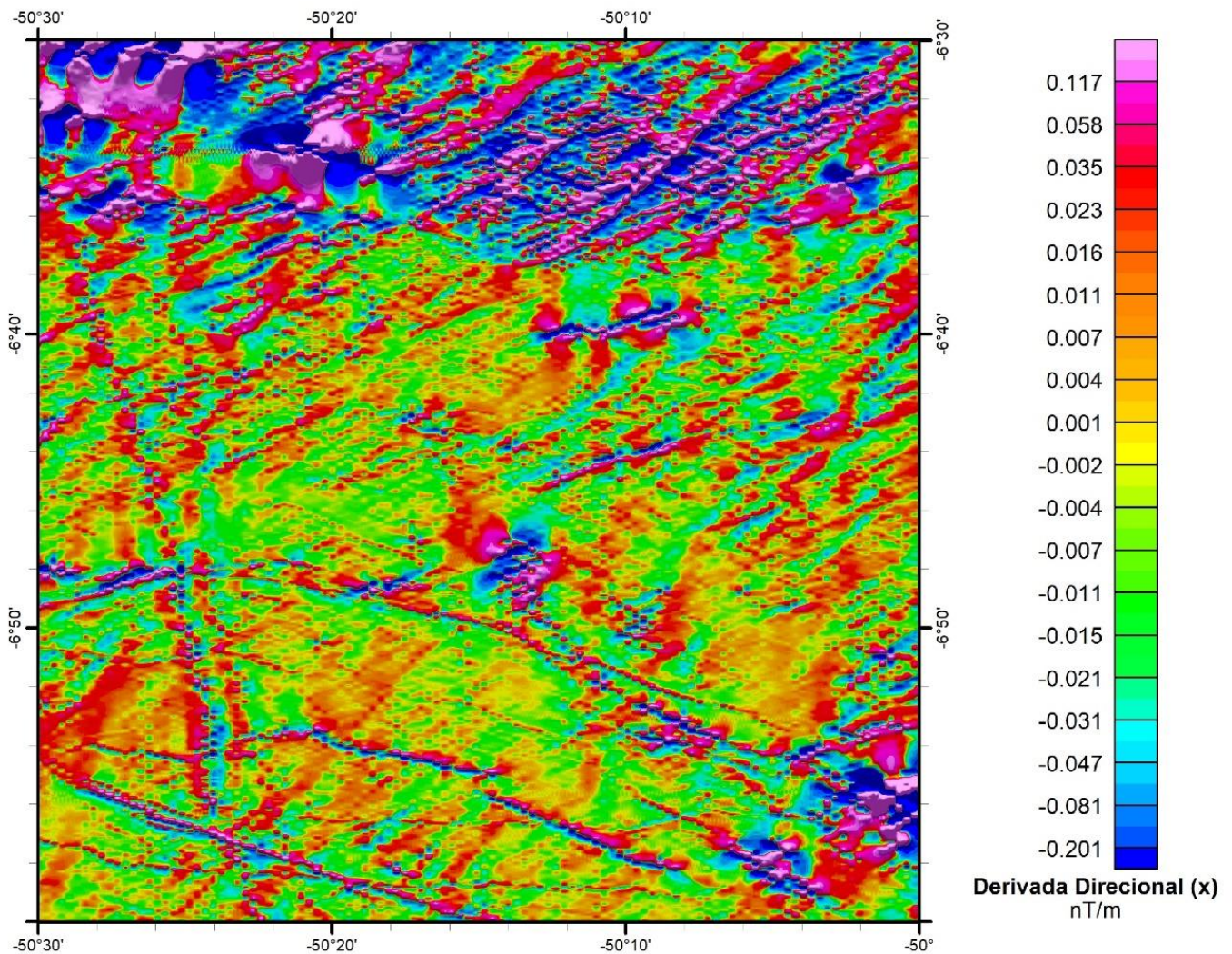
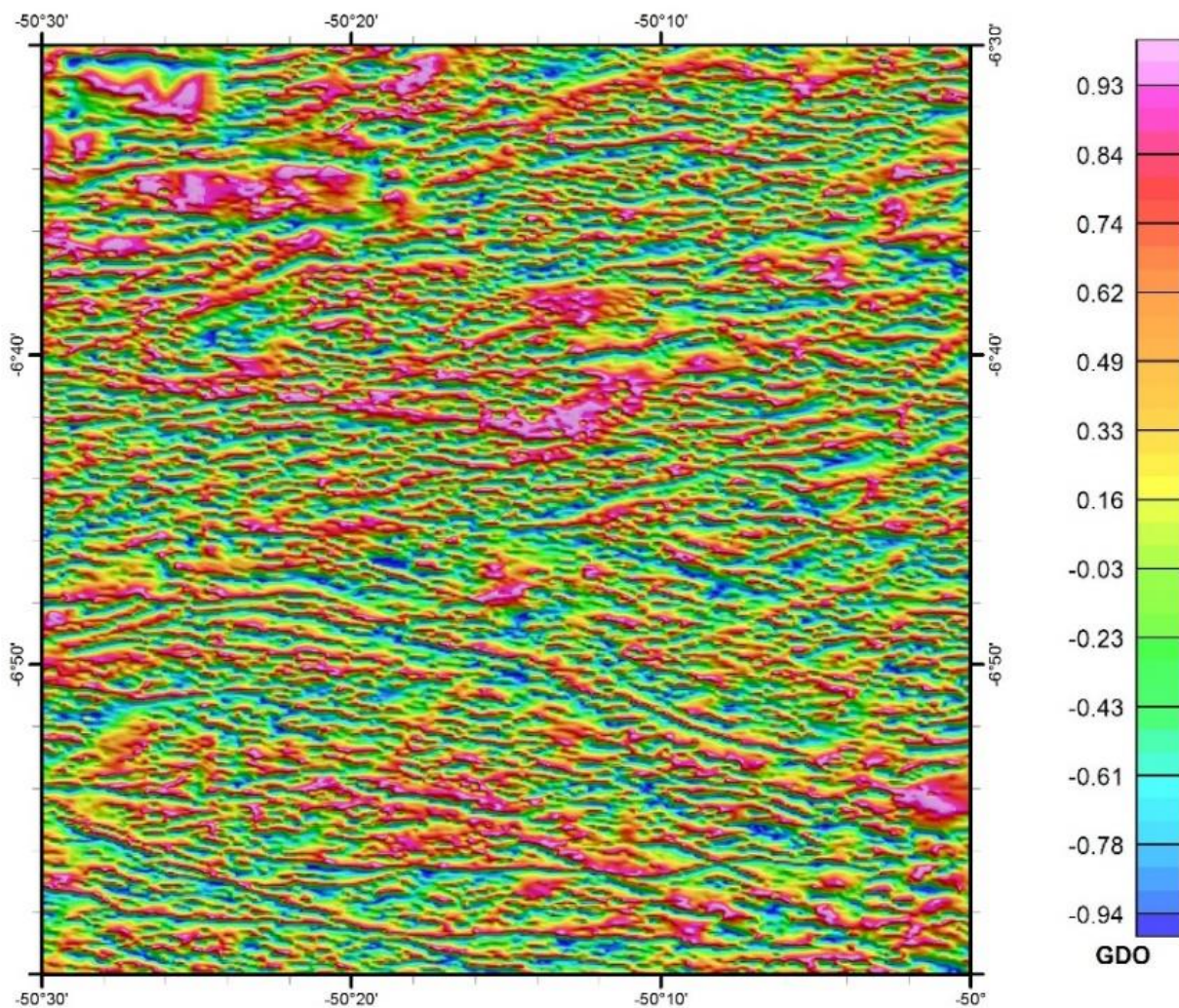


Figura 5 – Aeromagnetometria - Primeira Derivada Direcional na direção x para a folha SB-22-Z-A-V.

- **DERIVADA GENERALIZADA (GDO)**

A Derivada Generalizada (Figura 6) foi definida como a amplitude das derivadas, que diferentemente das demais derivadas, pode ser computada em qualquer direção (COOPER; COWAN, 2011). Este produto é menos afetado por ruídos relacionados ao nivelamento incorreto ou pela baixa amostragem de dados do que o Gradiente Total (MARKOV; DENTITH, 2013).

Este mapa é adimensional, não sendo necessária a inserção da unidade na escala de cor.



**Figura 6** – Aeromagnetometria – Derivada Generalizada (GDO) para a folha SB-22-Z-A-V.

• INCLINAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO (ISA)

$$ISA = \tan^{-1} \left( \frac{Dz}{\sqrt{\frac{\partial AM^2}{\partial x} + \frac{\partial AM^2}{\partial y}}} \right)$$

AM é a Anomalia Magnetométrica

Dz é a Primeira Derivada Vertical

x e y são direções horizontais e z é a direção vertical

A Inclinação do Sinal Analítico (Figura 7) normaliza a Primeira Derivada Vertical (Dz) pelo módulo das derivadas horizontais. Este produto equaliza as amplitudes das anomalias, realçando simultaneamente as fontes profundas e rasas. (MILLER; SINGH, 1994).

Recomenda-se a utilização deste produto em conjunto com a derivada vertical, uma vez que as estruturas que são realçadas neste tema e que possuem pouca expressão na Primeira Derivada Vertical tendem a possuir profundidades relativas maiores.

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é radianos (rad).

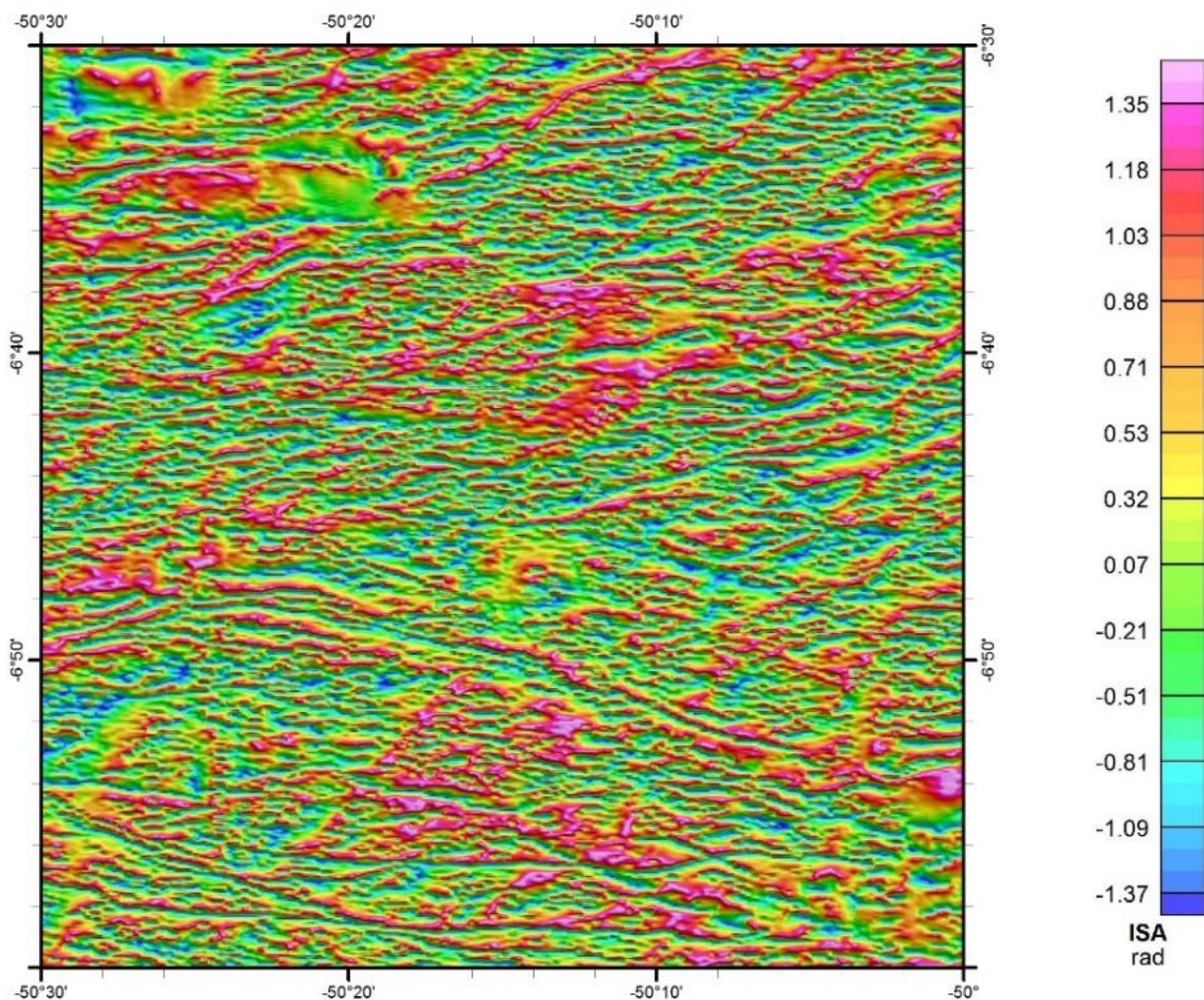


Figura 7 – Aeromagnetometria - Inclinação do Sinal Analítico (ISA) na direção x para a folha SB-22-Z-A-V.

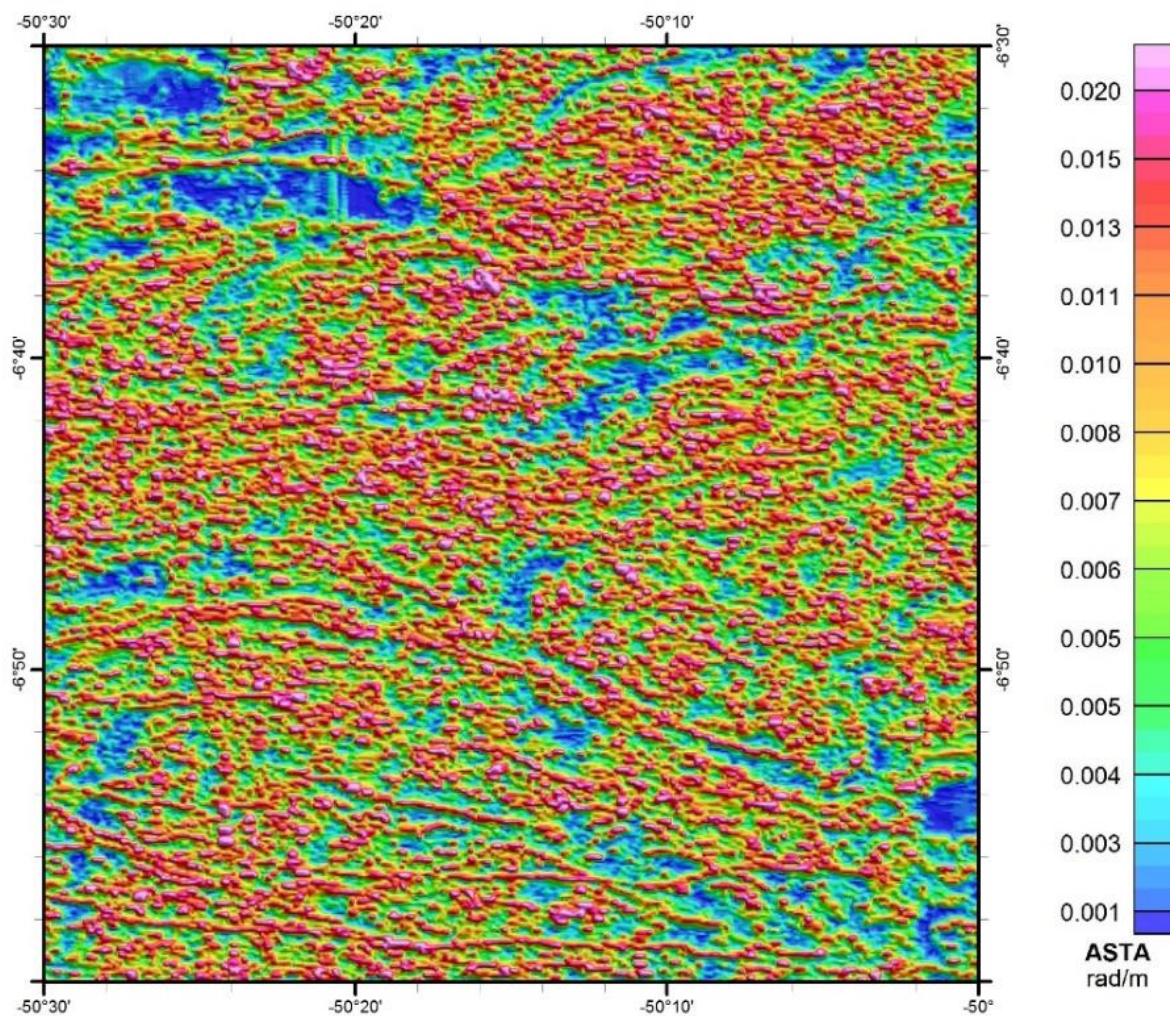
- GRADIENTE TOTAL DA INCLINAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO (ASTA)

$$ASTA = \sqrt{\frac{\partial ISA^2}{\partial x} + \frac{\partial ISA^2}{\partial y} + \frac{\partial ISA^2}{\partial z}}$$

ISA é a Inclinação do Sinal Analítico  
x e y são direções horizontais e z é a direção vertical

O Gradiente Total da Inclinação do Sinal Analítico (Figura 8) equaliza as fontes do Gradiente Total, o qual mitiga as fontes profundas (ANSARI; ALAMDAR, 2012). Além disso, diferente da Inclinação do Sinal Analítico, este produto centraliza as anomalias positivas sobre as fontes magnéticas, independente da latitude magnética. Este produto é uma boa ferramenta na interpretação do arcabouço estrutural.

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é radianos por metro (rad/m).

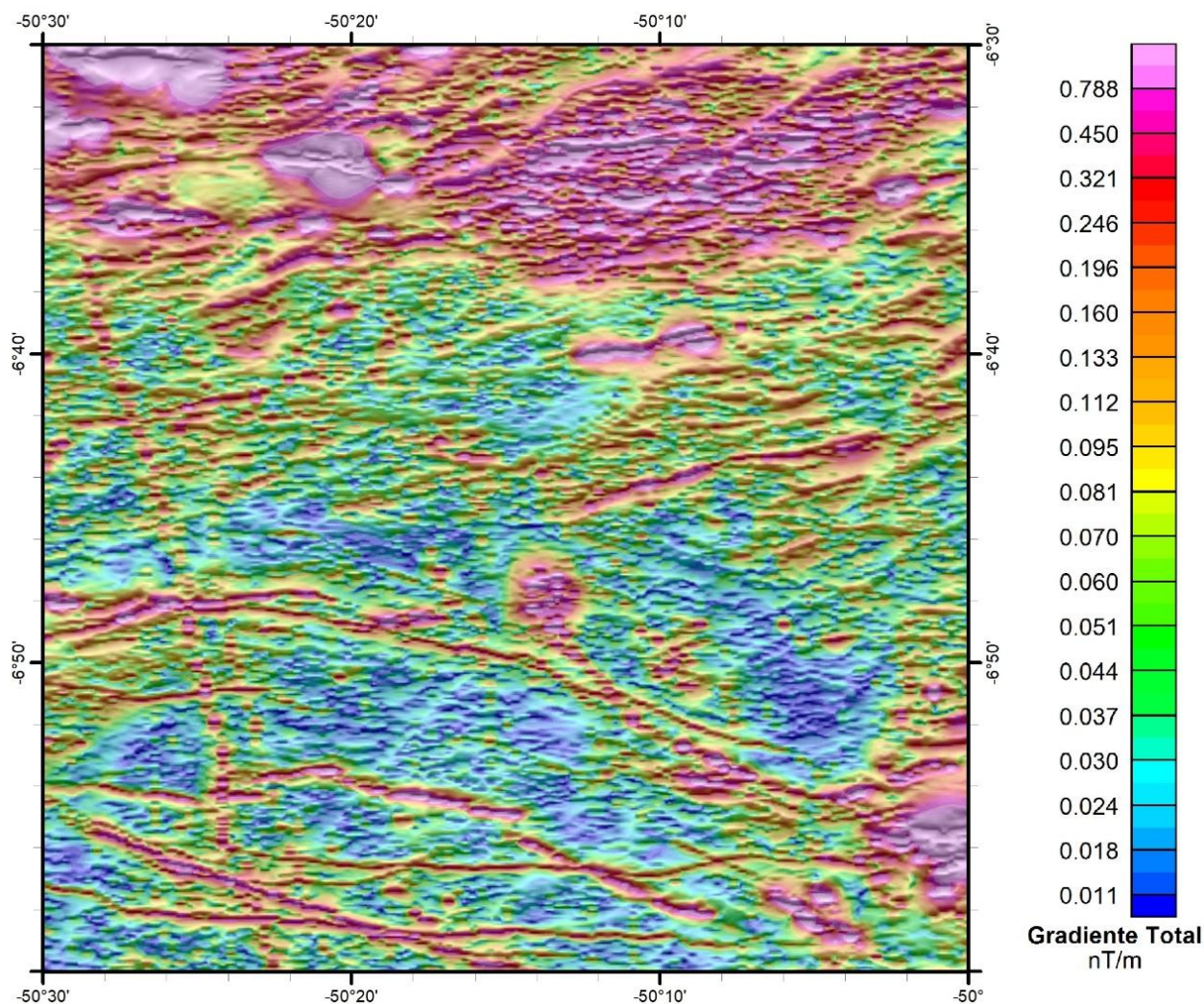


**Figura 8** – Aeromagnetometria – O Gradiente Total da Inclinação do Sinal Analítico (ASTA) para a folha SB-22-Z-A-V.

• GRADIENTE TOTAL COM TRANSPARÊNCIA SOBRE A INCLINAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO

Neste caso o encarte apresentado utiliza a combinação do Gradiente Total com transparência de 70% sobre a Inclinação do Sinal Analítico, em tons de cinza (Figura 9). Tem o objetivo de realçar a variação de magnetização, e minimizar a perda de resolução com a profundidade das fontes.

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é nT/m.



**Figura 9** – Aeromagnetometria - Gradiente Total (GT) com transparência sobre a Inclinação do Sinal Analítico (ISA) para a folha SB-22-Z-A-V.



### • DECONVOLUÇÃO DE EULER

A Deconvolução de Euler (Figura 10) utiliza as derivadas do Campo Magnético Anômalo para estudar a geometria das fontes magnéticas localizadas em subsuperfície (REID, *et al.* 1990). Esta técnica é muito aplicada na interpretação de dados aeromagnéticos, pois não requer um conhecimento prévio da direção de magnetização das fontes e não assume um modelo de interpretação particular (BARBOSA *et al.*, 1999).

Este produto pode ser entregue utilizando diversos índices estruturais, que representam:

- 0 – Borda de fontes magnéticas
- 1 – Estruturas magnéticas lineares
- 2 – Feições magnéticas cilíndricas
- 3 – Feições magnéticas esféricas.

Na Figura 10 foi empregado o índice estrutural 1 para a Deconvolução de Euler com o intuito de realçar as estruturas lineares magnéticas da área.

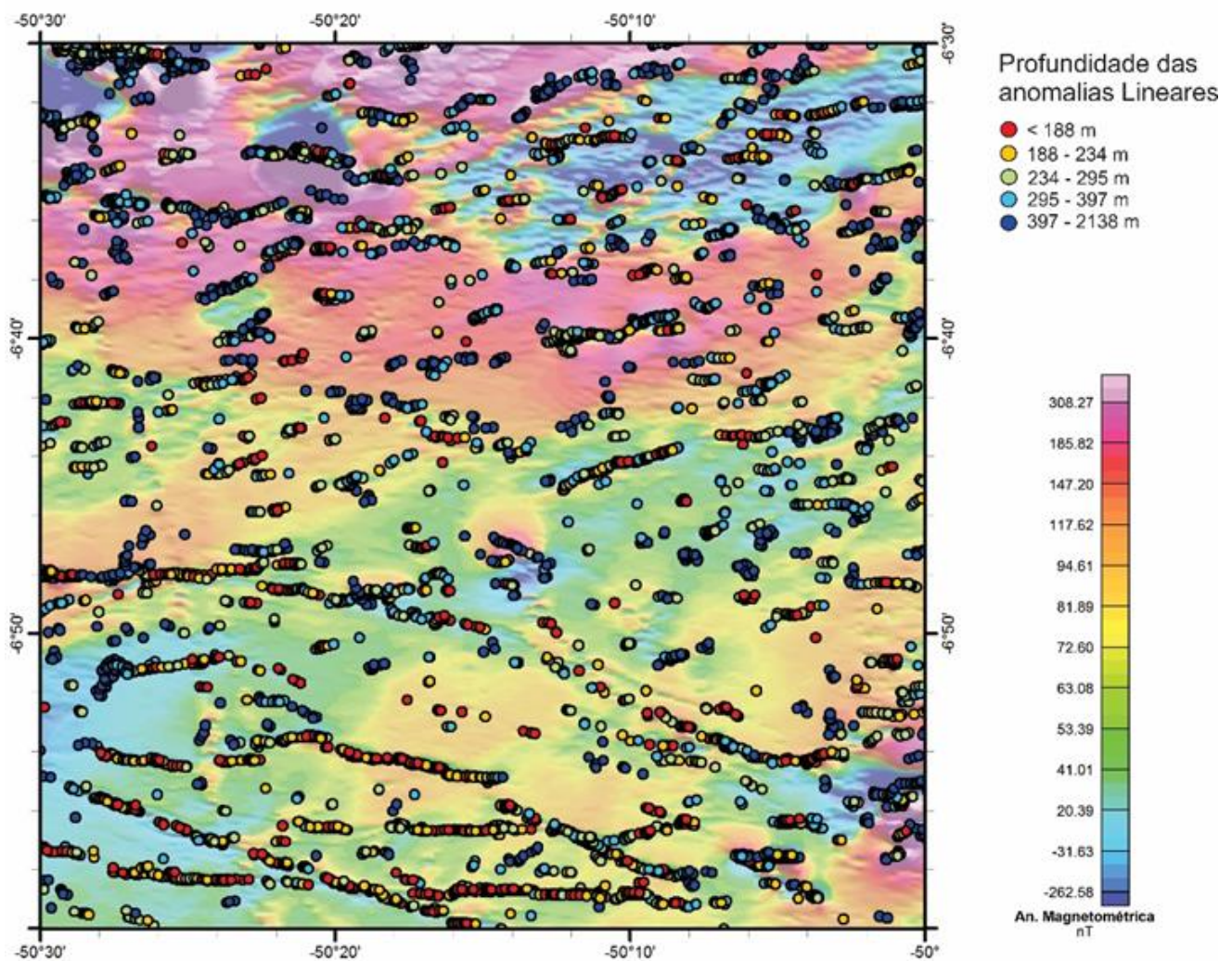


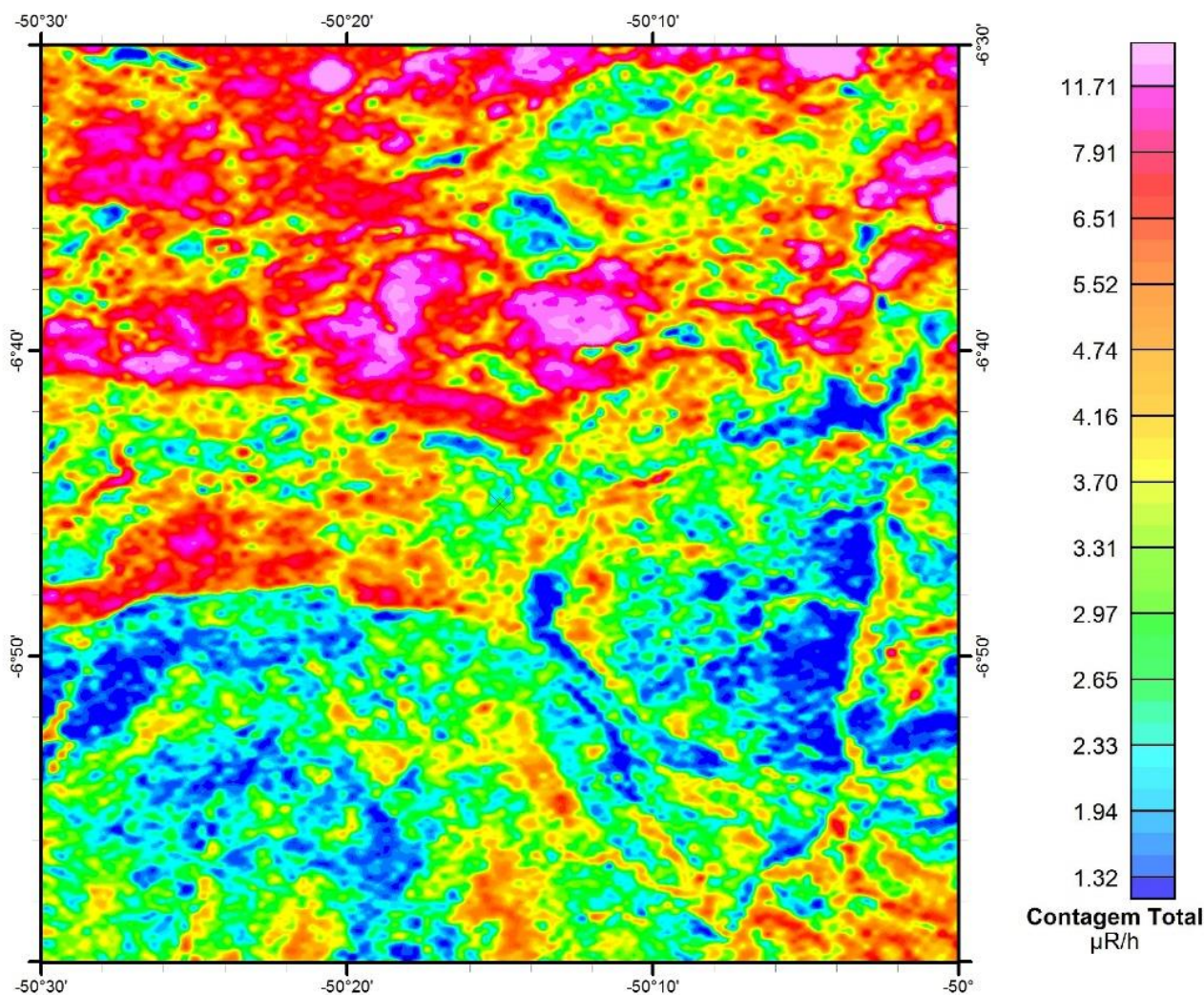
Figura 10 – Aeromagnetometria – Deconvolução de Euler com índice estrutural 1 para a folha SB-22-Z-A-V.

## 2.2 – Aerogamaespectrometria

- **CONTAGEM TOTAL (CT)**

A Contagem Total (Figura 11) engloba todos os radioelementos do espectro de medição gamaespectrométrica, onde os mais abundantes são o potássio, tório e urânio. Este produto pode auxiliar na identificação dos limites de unidades litológicas ou estruturas geológicas (IAEA, 2003).

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é microRoentgen por hora ( $\mu\text{R/h}$ ).



**Figura 11** – Aerogamaespectrometria – Contagem Total (CT) para a folha SB-22-Z-A-V.

- POTÁSSIO (K)

O potássio (Figura 12) é um componente em abundância na crosta terrestre com um teor de aproximadamente 2,35%. Este elemento alcalino está presente principalmente nos feldspatos e micas, resultado em altas concentrações deste elemento em rochas félsicas. Em rochas básicas e ultrabásicas, este elemento aparece em baixas concentrações, enquanto nas rochas sedimentares e metassedimentares os teores mais elevados estão associados aos componentes pelíticos (DICKSON; SCOTT, 1997).

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é em porcentagem (%).

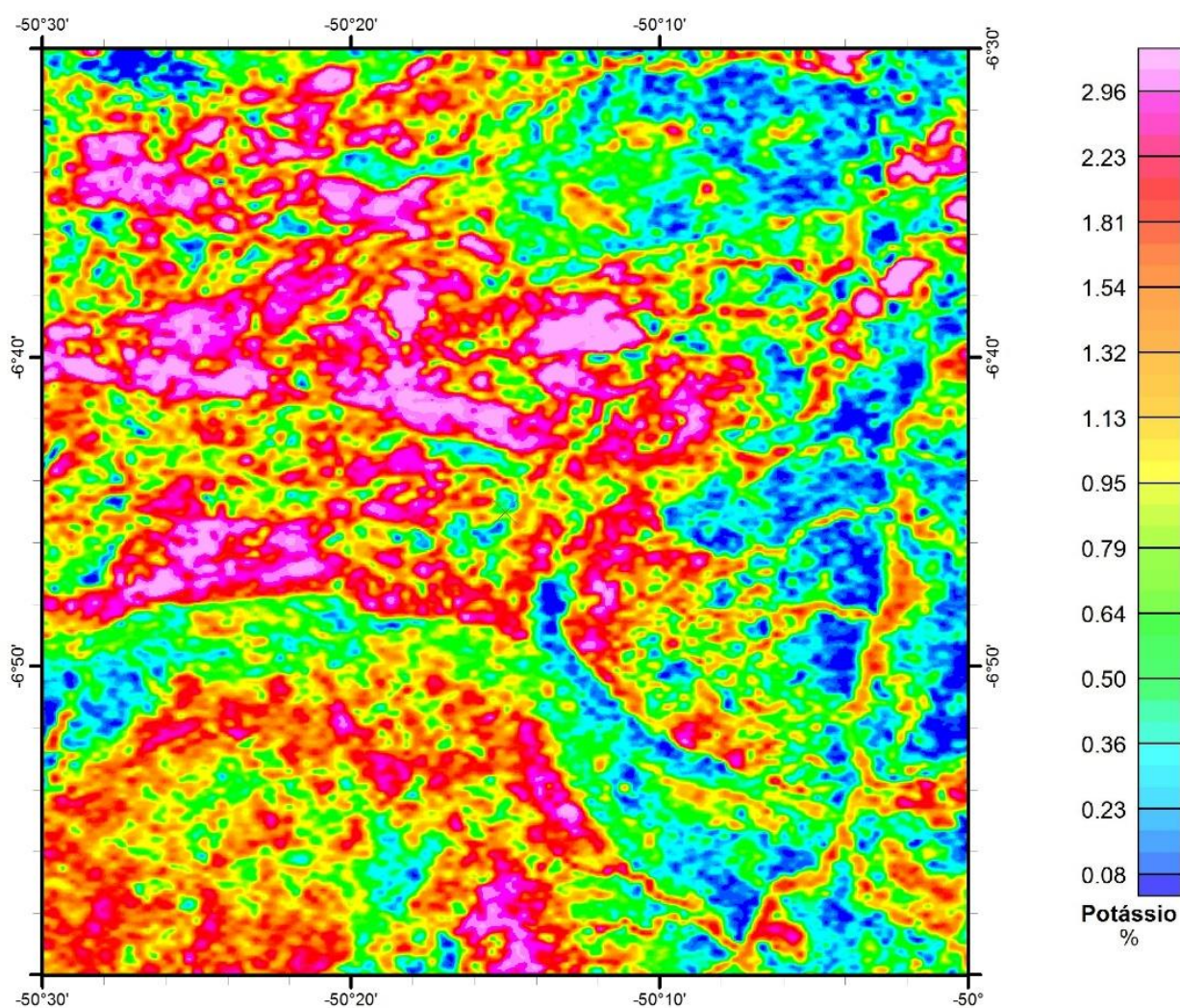


Figura 12 – Aerogamaespectrometria – Potássio (K) para a folha SB-22-Z-A-V.

• EQUIVALENTE TÓRIO (eTh)

A concentração média de tório (Figura 13) na crosta é de 12 ppm. Este elemento está presente em minerais como allanita, monazita, xenotima e zircão ou aparece como elemento traço em outras rochas. Entre os três radioelementos, o tório é o que possui a menor mobilidade e, portanto o menos suscetível a processos secundários (DICKSON; SCOTT, 1997).

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é partes por milhão (ppm).

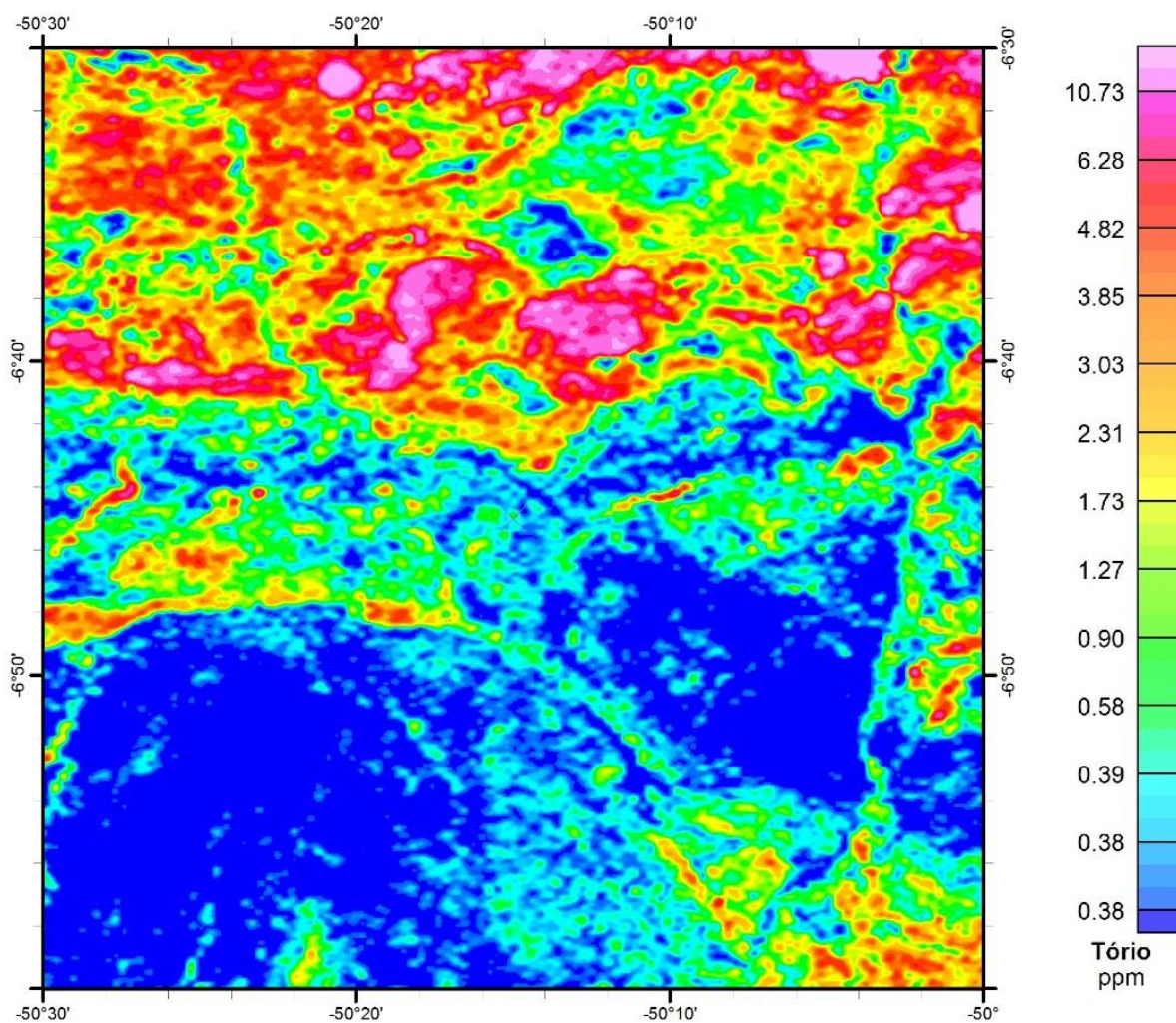
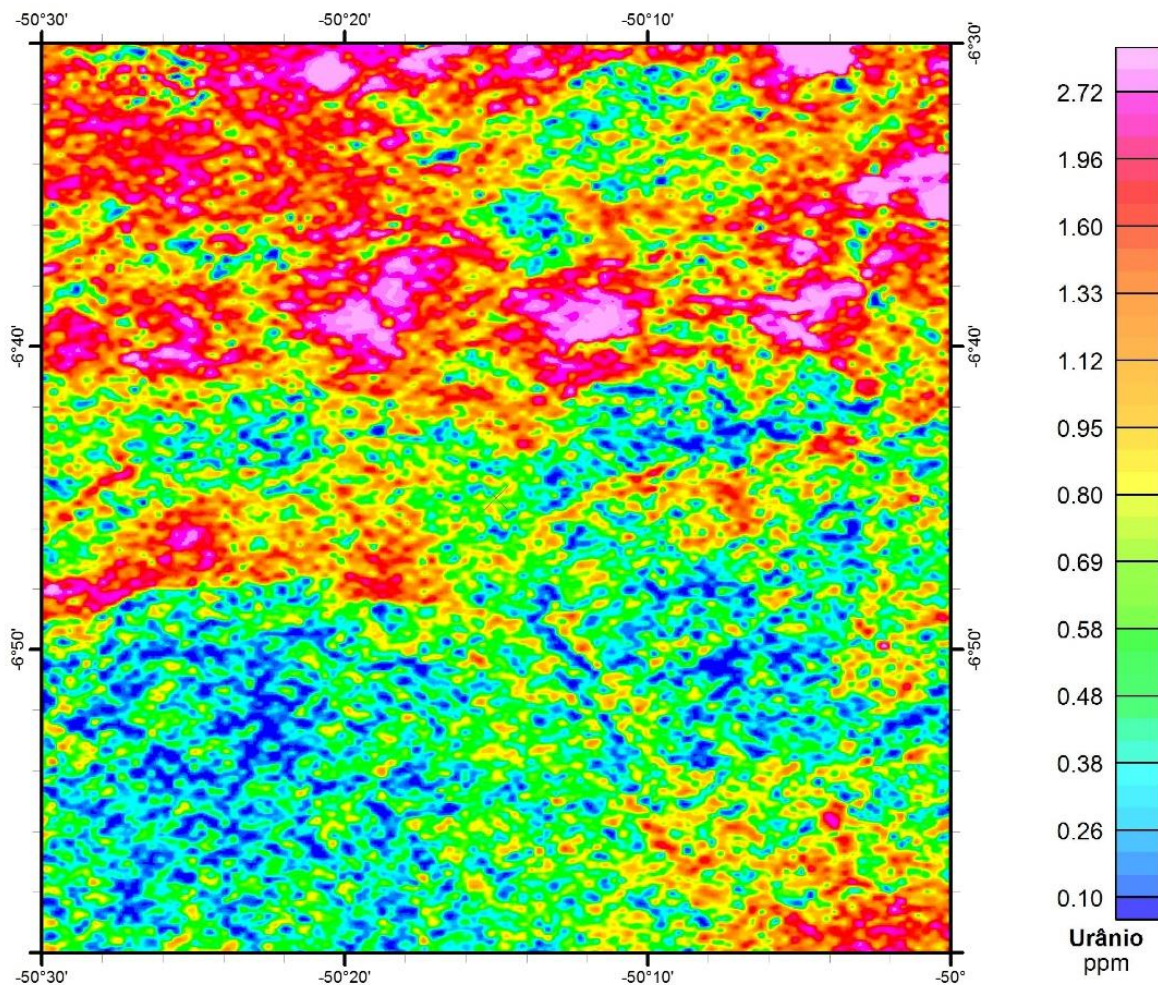


Figura 13 – Aerogamaespectrometria – Equivalente Tório (eTh) para a folha SB-22-Z-A-V.

- EQUIVALENTE URÂNIO (eU)

O Urânio (Figura 14) possui uma concentração média na crosta de 3 ppm e ocorre como óxidos de urânio e em silicatos. Assim como o tório, o urânio ocorre como traços nas rochas e suas concentrações geralmente são maiores quando o conteúdo de potássio e sílica são maiores. Os minerais com urânio tendem a aparecer em pegmatitos, sienitos, carbonatitos, granitos e em alguns folhelhos (DICKSON; SCOTT, 1997).

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é partes por milhão (ppm).

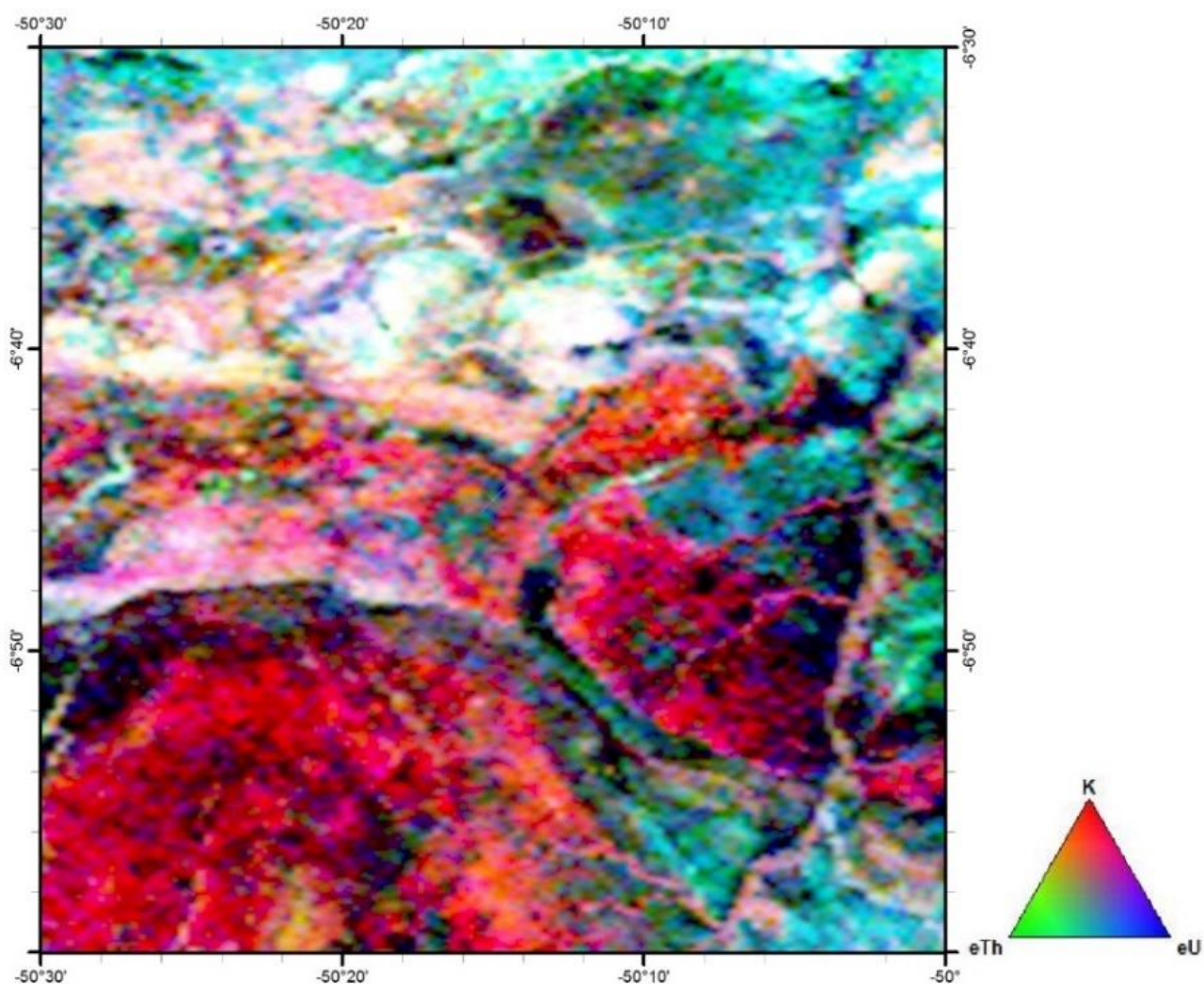


**Figura 14** – Aerogamaespectrometria – Equivalente Urânio (eU) para a folha SB-22-Z-A-V.

• **COMPOSIÇÃO TERNÁRIA RGB (K-eTh-eU)**

A Composição Ternária RGB (Figura 15) mostra a variação das concentrações relativas dos três radioelementos relacionando-os com as cores vermelho (R-red) (K,%), verde (G-green) (eTh, ppm) e azul (B-blue) (eU, ppm). O espectro de cores varia desde o branco, quando coincidente as máximas concentrações relativas nos três radioelementos, até o preto, para os mínimos teores relativos.

Em casos de utilização de transparência da Composição Ternária RGB (K-eTh-eU) sobre o Relevo Sombreado, deve-se ressaltar isto no próprio título do tema.



**Figura 15** – Aerogamaespectrometria – Imagem de composição ternária RGB (K-eTh-eU) para a folha SB-22-Z-A-V.

### • RAZÕES GAMAESPECTROMÉTRICAS

As razões gamaespectrométricas (Figuras 16;17;18) atenuam os efeitos de fatores ambientais, como a umidade do solo, a vegetação e a topografia, podendo assim ressaltar características sutis que não são aparentes nos grids de K, eTh e eU. Geralmente, as razões se correlacionam melhores com as unidades geológicas do que os grids de concentração dos radioelementos (IAEA, 2003). As razões também podem ser utilizadas para suprimir efeitos causados pela variação litológica e realçar assinaturas mais sutis dos radioelementos (MINTY, 2011).

#### Razão Tório/Potássio

A razão Tório/Potássio (Figura 16) pode ser utilizada para mapear alteração potássica, que pode estar relacionada a diferentes tipos de mineralização (SHIVES *et al.*, 1997).

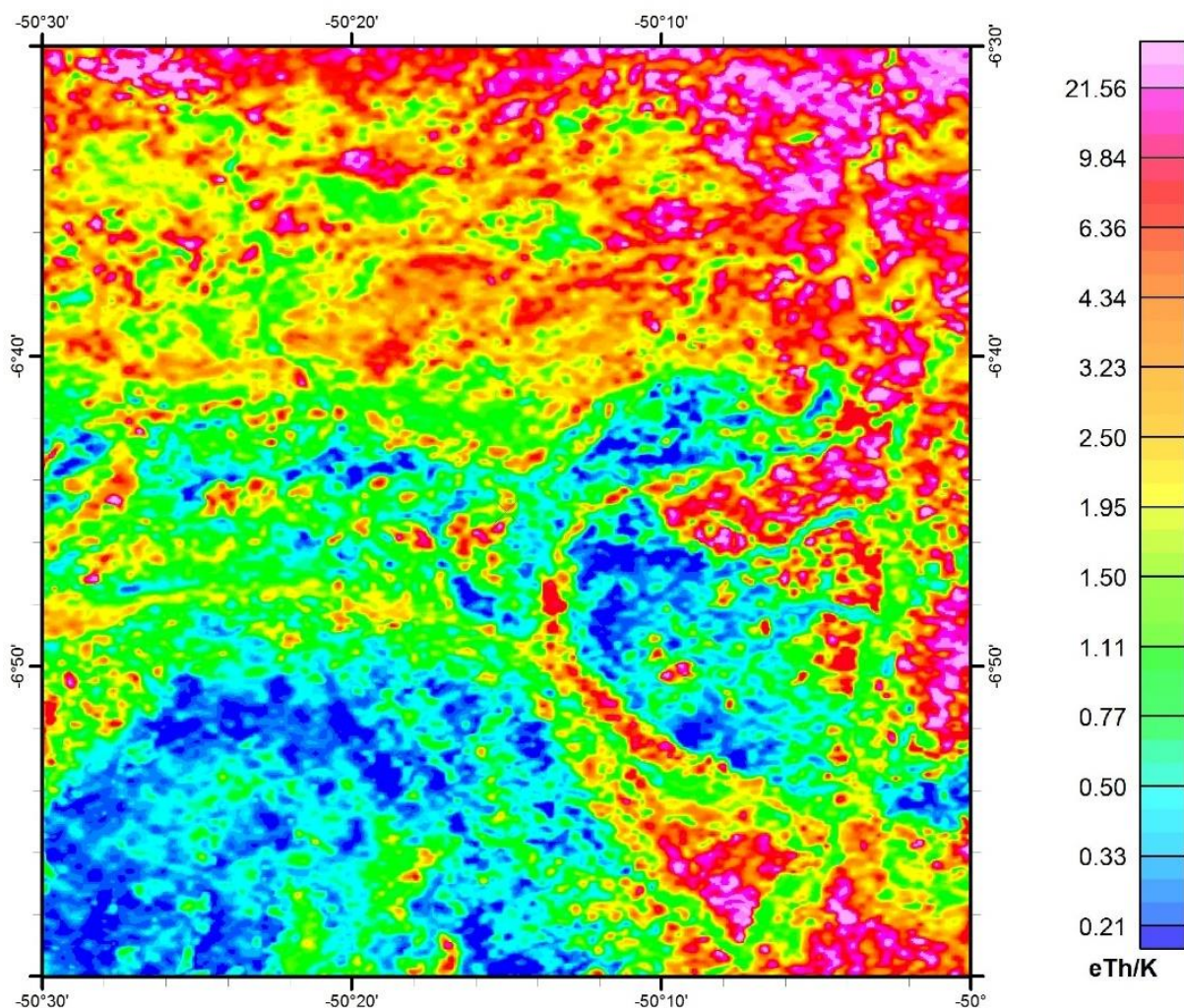


Figura 16 - Mapa da Razão Tório/Potássio (eTh/K) para a folha SB-22-Z-A-V.

Razão Urânio/Tório

O aumento do teor de sílica resulta em maiores concentrações dos três radioelementos, no entanto o aumento no teor de Th é muito mais significativo do que o no teor de urânio. Dessa forma, a razão eU/ eTh (Figura 17) pode ser utilizada para investigar o grau de diferenciação dentro de uma suíte ígnea (DICKSON; SCOTT, 1997).

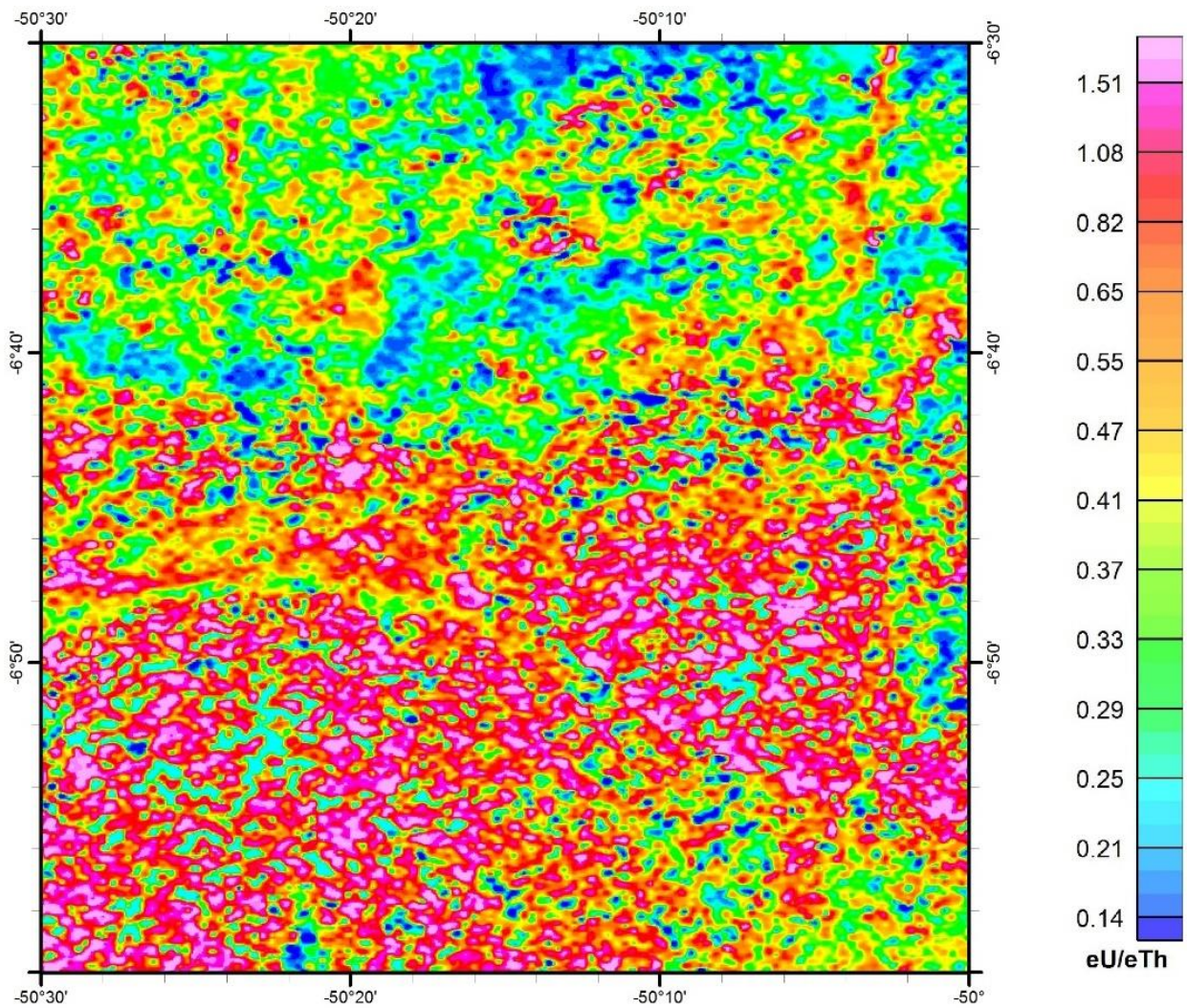
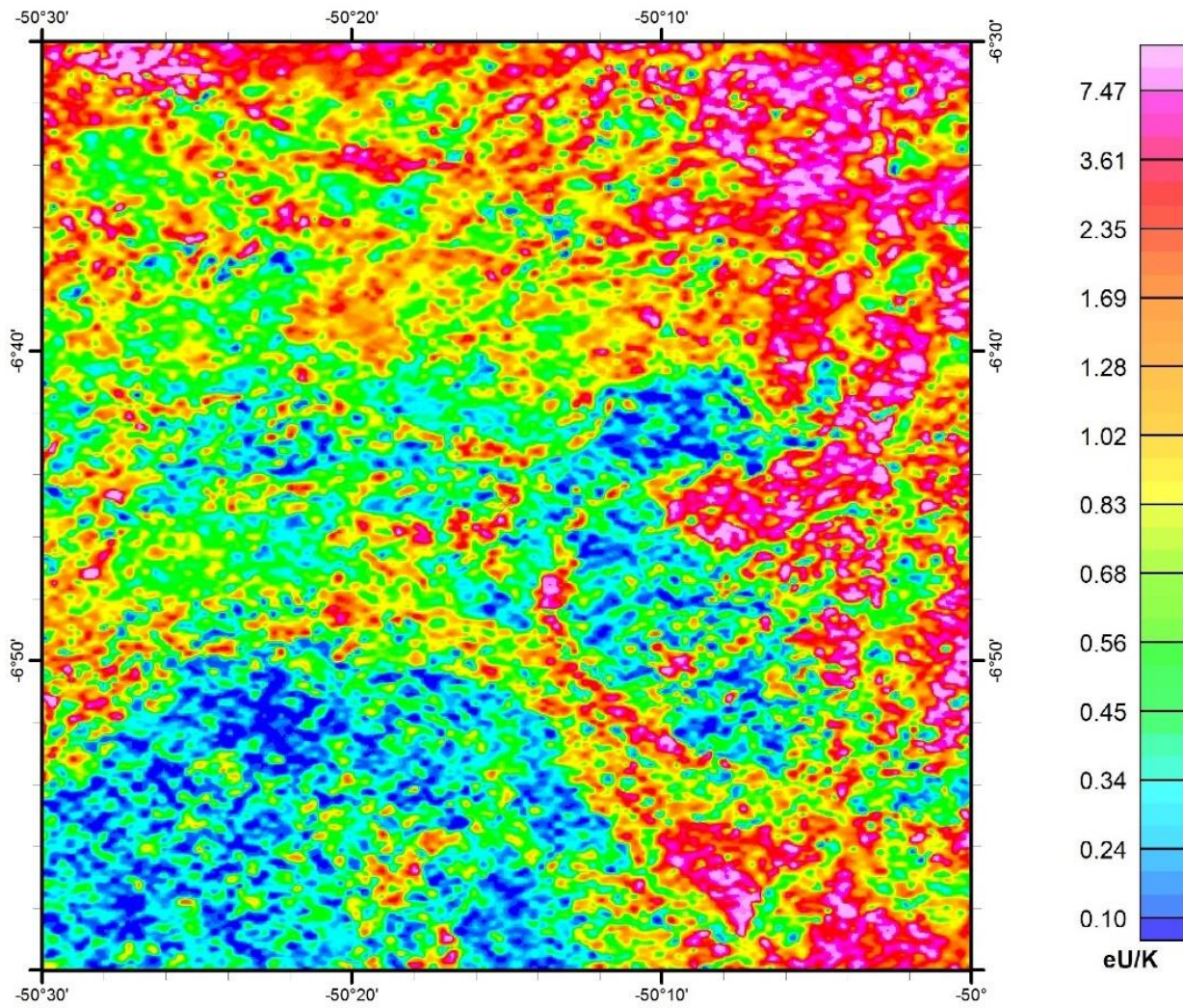


Figura 17 - Mapa da Razão Urânio/Tório (eU/eTh) para a folha SB-22-Z-A-V.



### Razão Urânio/Potássio

A razão eU/K (Figura 18), assim como a razão eTh/K, pode auxiliar na avaliação do grau de intemperismo ou lixiviação de regolitos (WILFORD *et al.*, 1997).



**Figura 18** - Mapa da Razão Urânio/ Potássio (eU/K) para a folha SB-22-Z-A-V.

• PARÂMETRO F

$$F = \frac{K \cdot U}{Th} = \frac{K}{Th/U} = \frac{U}{Th/K}$$

O Parâmetro F (Figura 19) aborda duas importantes características das rochas: i) a abundância do potássio em relação à razão tório e urânio; e ii) a abundância do urânio em relação à razão tório e potássio (EFIMOV, 1978 *apud* GNOJEK; PŘICHYSTAL, 1985).

Esta relação é amplamente utilizada em estudos de ambientes geológicos relacionados com mineralizações auríferas (NETO; FERREIRA, 2016).

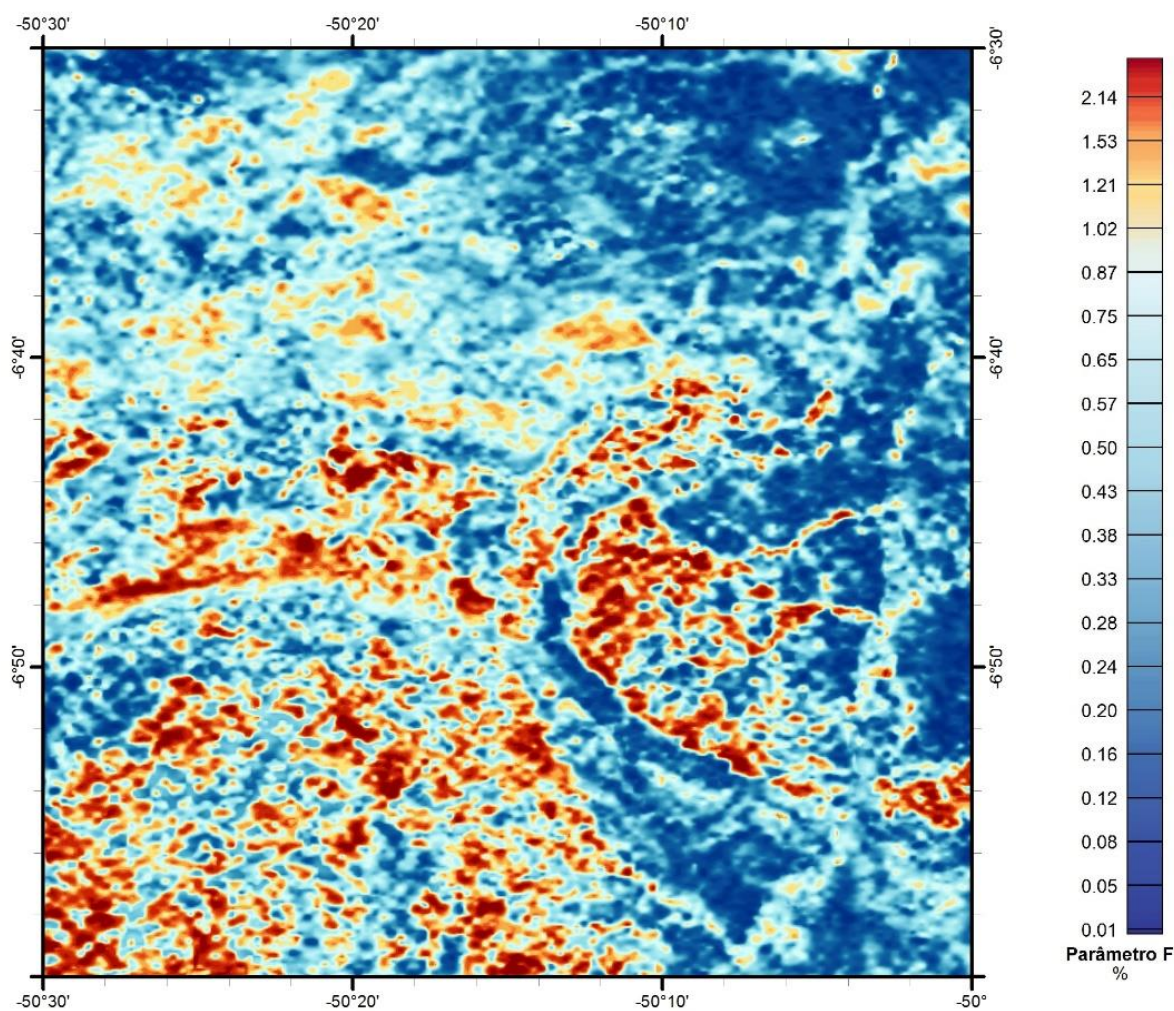


Figura 19 – Aerogamaespectrometria – Parâmetro F para a folha SB-22-Z-A-V.

• **POTÁSSIO ANÔMALO (Kd) E URÂNIO ANÔMALO (Ud) por regressão linear**

Os teores dos radioelementos K, eTh e eU nas rochas e no solo são controlados por variações primárias e secundárias relacionadas. As variações primárias são relacionadas principalmente a pedogênese e as diferenças litológicas, enquanto as secundárias estão associadas a processos como o hidrotermalismo e mineralizações (FOOTE, 1969). Deste modo, Saunders *et al.* (1993) propuseram um método de regressão linear para calcular as contribuições primárias de K e U ( $K_i$  e  $U_i$ ), conseqüentemente estimando as contribuições secundárias ( $K_d$  e  $U_d$ ). Estes produtos foram denominados de Urânio Anômalo (Ud; Figura 20) e Potássio Anômalo (Kd; Figura 21). Devido a sua baixa mobilidade, o tório foi utilizado como controle litológico. Deste modo, Kd e Ud podem ser calculados pela fórmula:

$$K_i = \left( \frac{\text{média de K}}{\text{média de Th}} \right) \times Th$$

$$U_i = \left( \frac{\text{média de U}}{\text{média de Th}} \right) \times Th_s$$

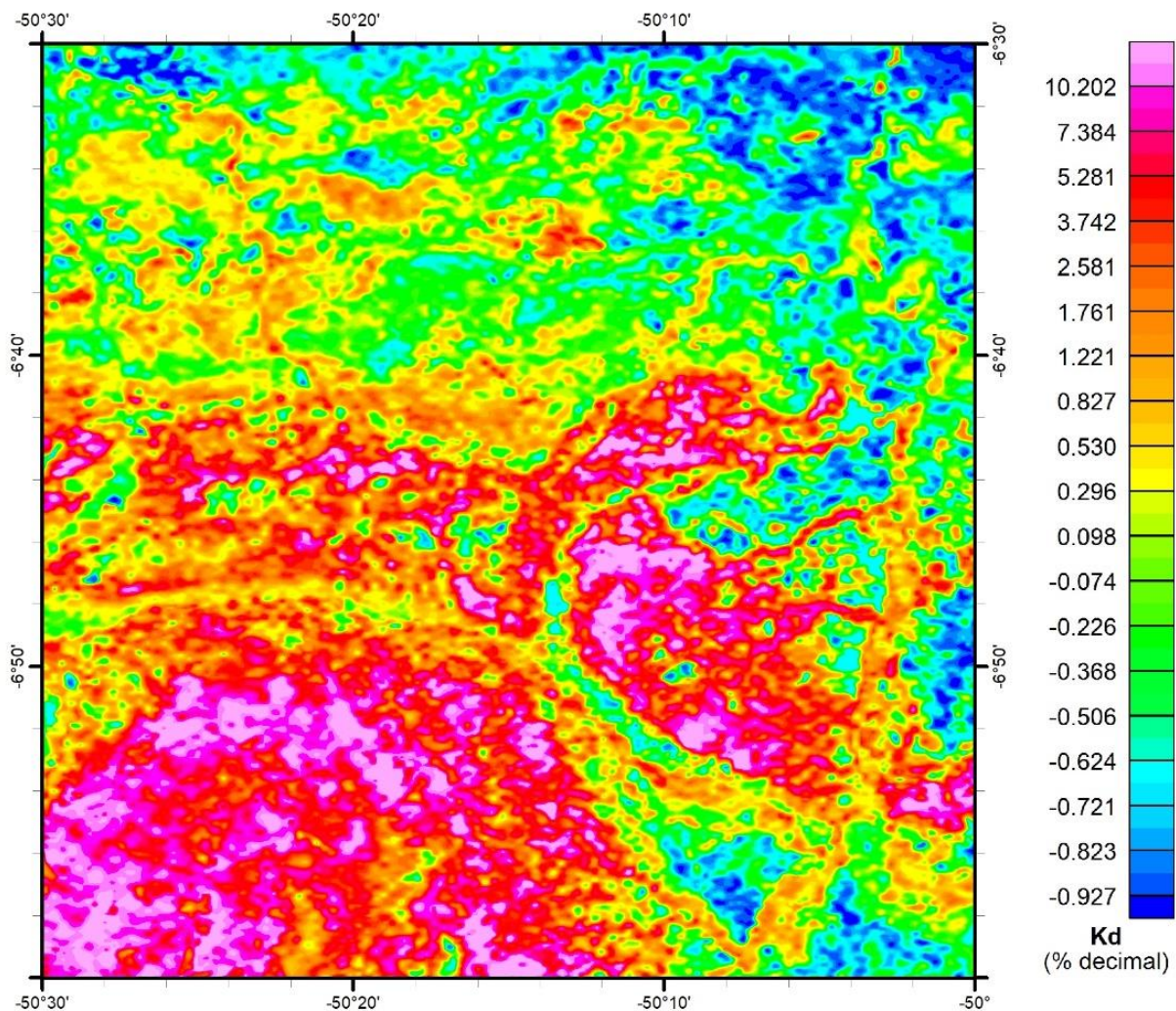
$$K_d = \frac{(K - K_i)}{K_i}$$

$$U_d = \frac{(U - U_i)}{U_i}$$

Sendo K, Th e U os valores medidos

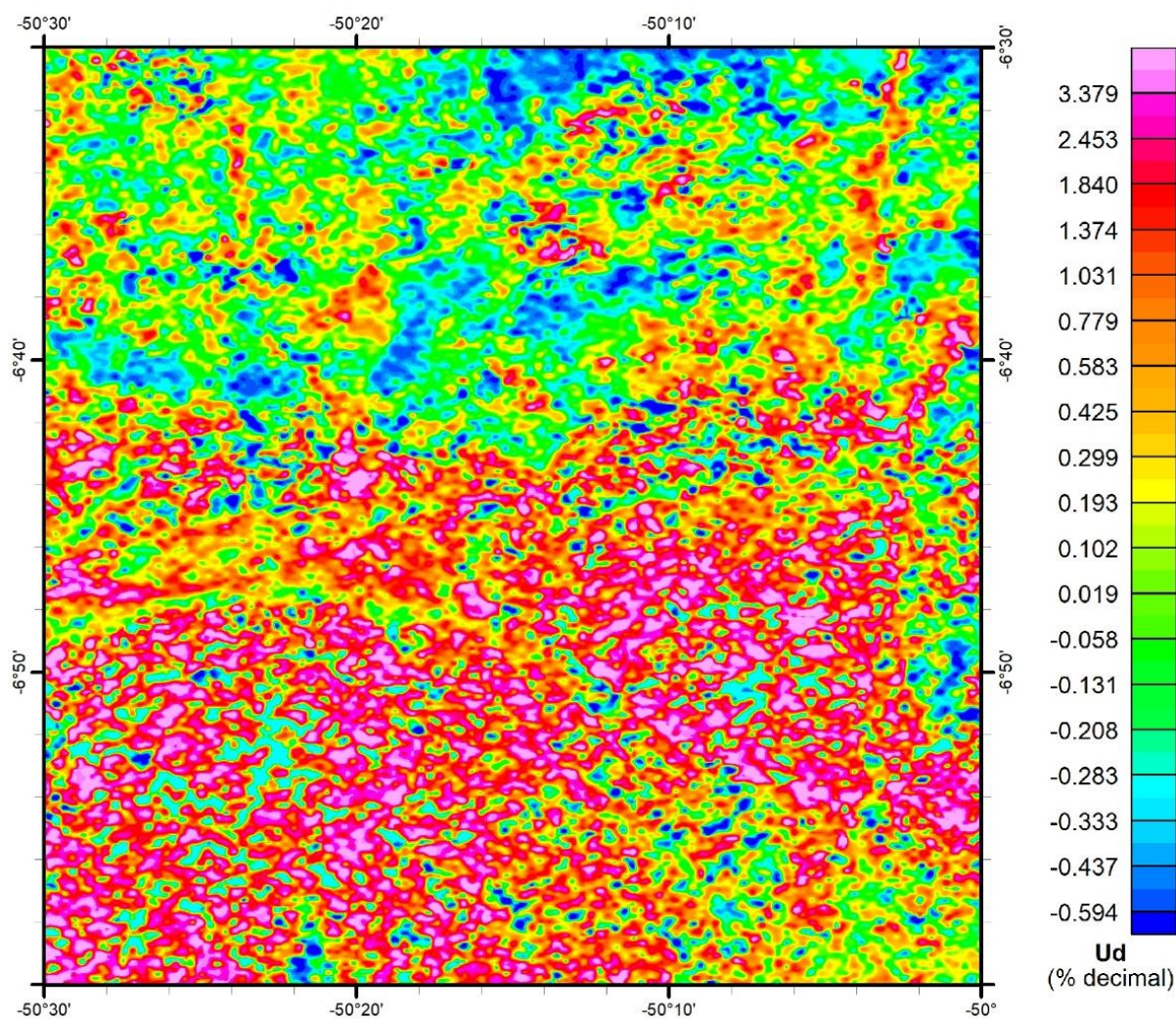
$K_i$  e  $U_i$  os valores ideais referentes as contribuições primárias

$K_d$  e  $U_d$  os desvios dos valores ideais



**Figura 20 – Aerogamaespectrometria – Potássio Anômalo (Kd) para a folha SB-22-Z-A-V.**

Uma vez que a fórmula de Saunders *et al.* (1993) considera as médias dos radioelementos, recomenda-se gerar este produto por domínio gamaespectrométrico interpretado, para que não sejam gerados falsos realços correlacionados a variação litológica. A unidade a ser apresentada com a escala de cores é em porcentagem decimal.



**Figura 21** – Aerogamaespectrometria – Urânio Anômalo (Ud) para a folha SB-22-Z-A-V.

- URÂNIO ANÔMALO (Ud) por Machine Learning

O urânio anômalo (Ud - Figura 21) estima a variação no teor de urânio decorrente de fatores secundários, que podem estar relacionados a processos responsáveis pela formação de minérios como, por exemplo, alterações hidrotermais (SAUNDERS *et al.*, 1993). No entanto, uma vez que o recomendado é gerar urânio anômalo por unidade gamaespectrométrica interpretada, a construção deste produto pode demandar alto tempo de processamento. Costa *et al.* (2020) desenvolveram um método para gerar mapas de Urânio Anômalo através do método de *Machine Learning Random Forest* (Figura 22). Devido à existência de dois métodos para geração de Urânio Anômalo, recomenda-se especificar o método citando os respectivos trabalhos, exemplo: Urânio Anômalo por regressão Linear (SAUNDERS *et al.*, 1993) ou por *Machine Learning* (COSTA *et al.*, 2020).

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é em porcentagem decimal.

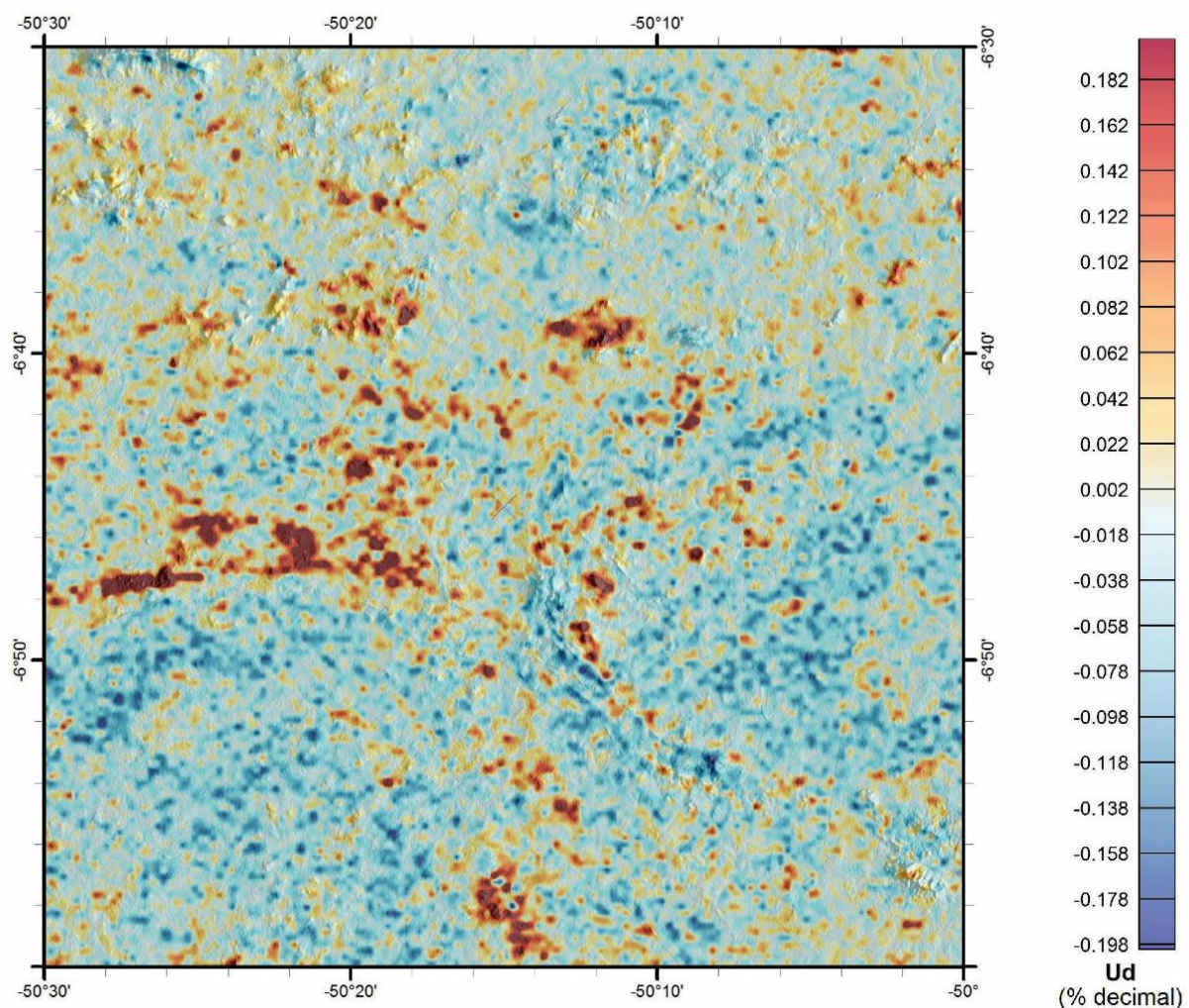


Figura 22 – Aerogamaespectrometria – Urânio Anômalo por Machine Learning (Ud) para a folha SB-22-Z-A-V.

### 2.3 – Gravimetria

A gravimetria mede a variação do campo gravitacional da Terra. Seu objetivo é localizar excesso ou deficiência de massa causada pelas varrições de densidades das rochas investigadas em relação às densidades das rochas hospedeiras (TELFORD *et al.*, 1990). Tem aplicações no mapeamento geológico, na prospecção mineral e na geotectônica.

- ANOMALIA BOUGUER

A Anomalia Bouguer (Figura 23) representa a anomalia de gravidade resultante das correções de latitude ( $g\Phi$ ), ar-livre (FAC), Bouguer (BC) e do Terreno (T) aplicadas nos valores de gravidade observados ( $g_{\text{observado}}$ ) no levantamento.

AB (anomalia Bouguer) =  $g_{\text{observado}} - g\Phi + FAC \pm BC + T$

$g$  = gravidade

$\Phi$  = latitude

$g\Phi$  = gravidade normal calculada de acordo com a fórmula da gravidade teórica da Terra.

FAC =  $3,086h$ ,  $h$  = altitude em relação ao geóide (nível médio dos mares).

BC =  $0,04191\rho h$ ,  $\rho$  = densidade da topografia =  $2,67 \text{ g/cm}^3$ . A correção BC é negativa para estações acima do nível do mar e positiva para estações abaixo do nível do mar.

A anomalia Bouguer é denominada “simples” quando a correção de terreno (T) não for efetuada, e “completa” quando essa correção for realizada.

Por causa da tradição, deve ser mantido na escala de cores o uso da unidade miligal (mGal).

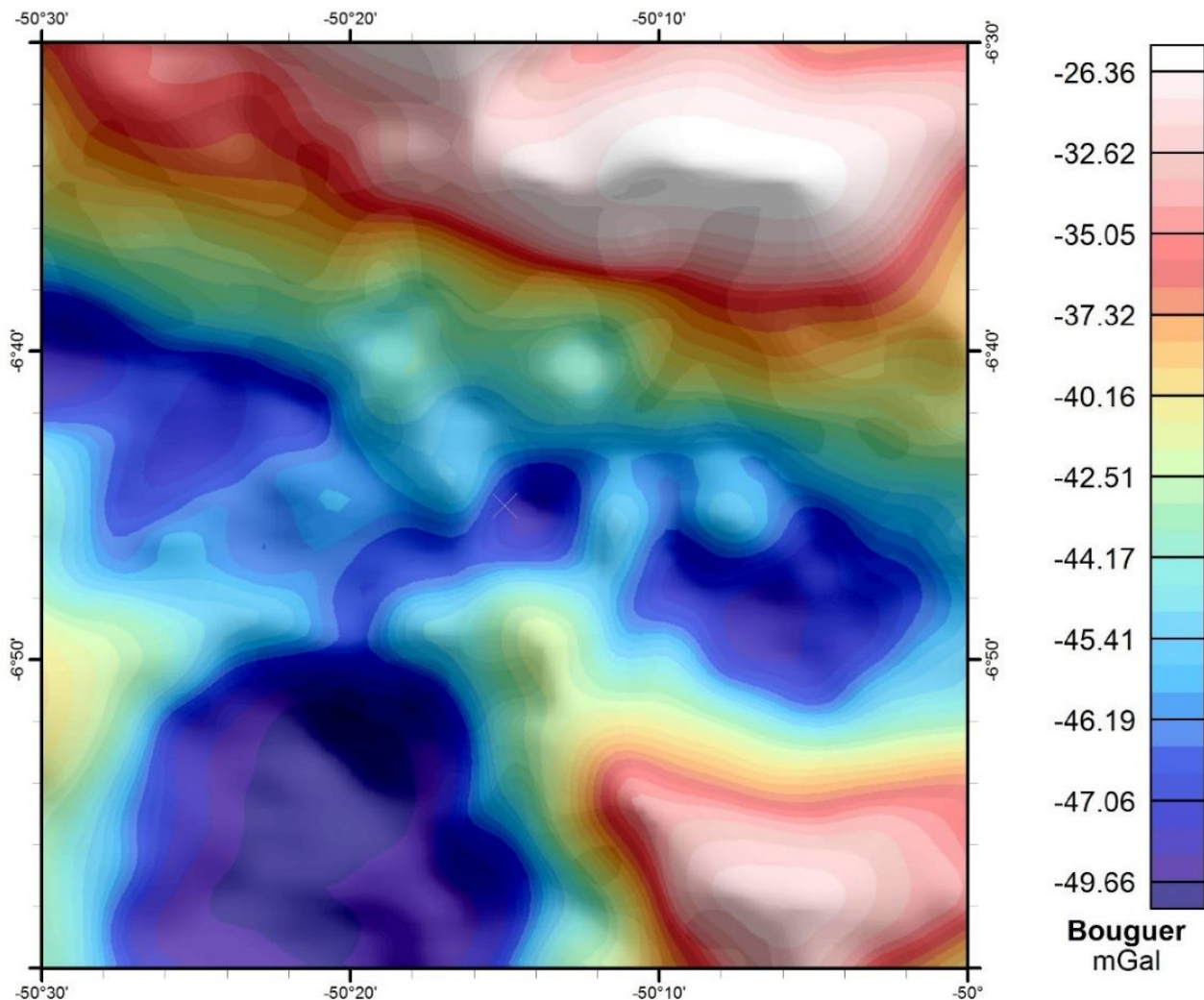
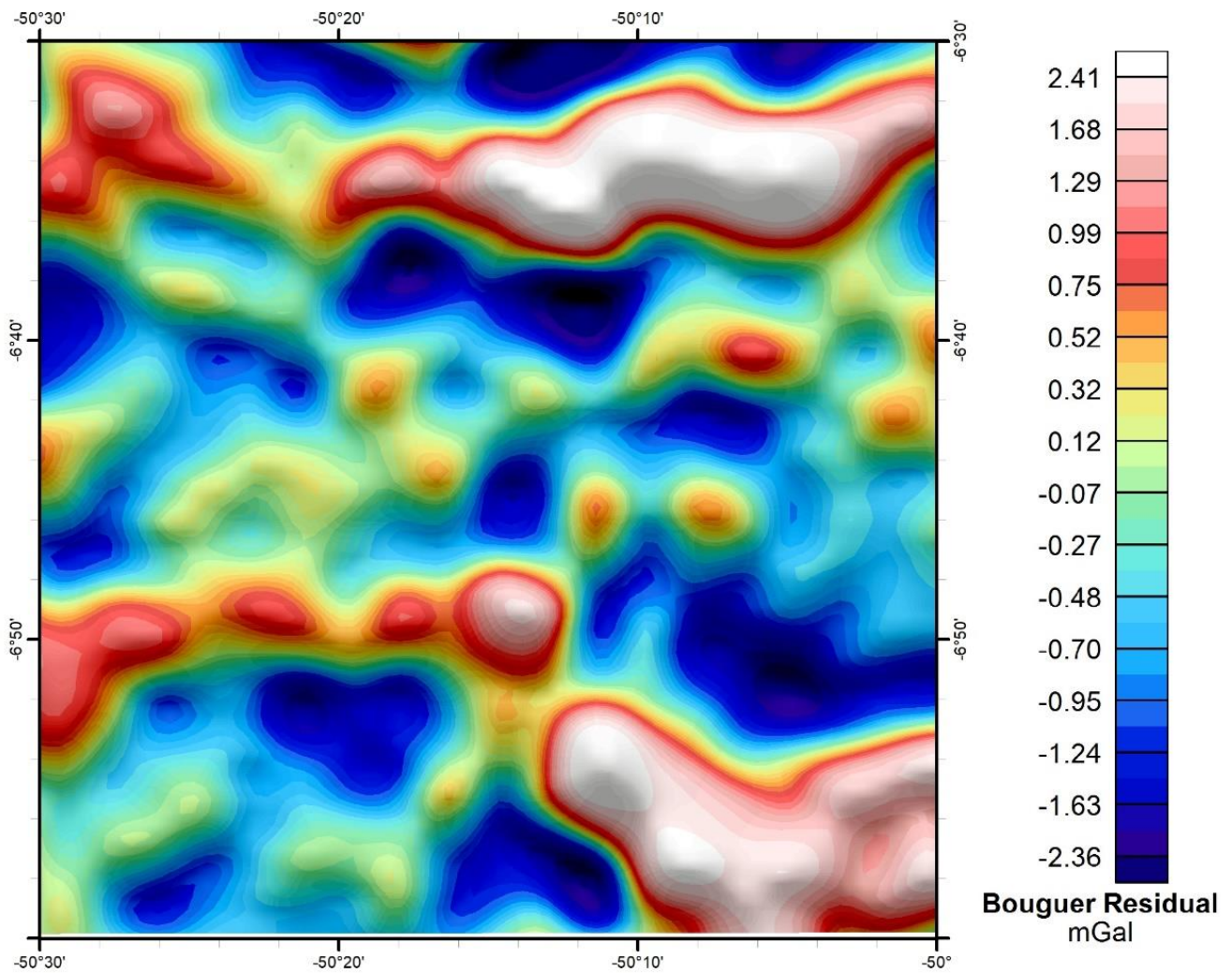


Figura 23 – Gravimetria – Anomalia Bouguer para a folha SB-22-Z-A-V.

- ANOMALIA BOUGUER RESIDUAL

A Anomalia Bouguer Residual (Figura 24) corresponde à componente da anomalia Bouguer que enfatiza as fontes rasas da área investigada. É obtida por meio da remoção de uma tendência regional contida na Anomalia Bouguer.

A unidade a ser apresentada com a escala de cores é miligal (mGal).

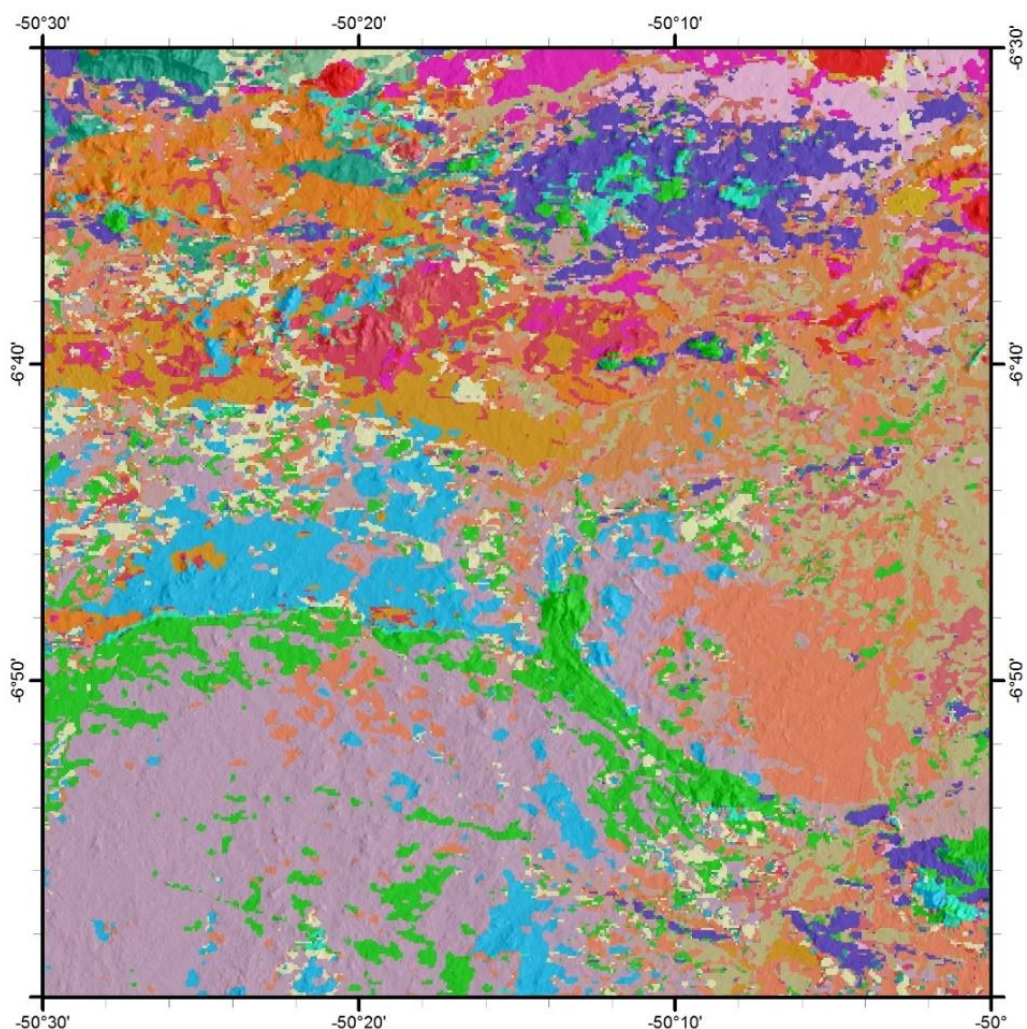


**Figura 24** – Gravimetria –Anomalia Bouguer Residual para a folha SB-22-Z-A-V.

## 2.4 – Integração de dados Aerogeofísicos

- MAPA LITOLÓGICO PREDITIVO

O Mapa Litológico Preditivo (Figura 25), representa uma classificação supervisionada dos dados aerogeofísicos (magnetometria e gamaespectrometria) com dados litológicos. Nesta metodologia são utilizadas técnicas de *Machine Learning* (COSTA *et al.*, 2019), de tal forma que todos os dados podem ser redimensionados para o contexto geológico, facilitando a interpretação. As cores do Mapa Litológico Preditivo são as mesmas do mapa geológico mais recente (COSTA *et al.*, 2016).



**Figura 25** – Integração de dados Aerogeofísicos - Mapa Litológico Preditivo para a folha SB-22-Z-A-V.



### 3 – REFERÊNCIAS

- ANSARI, A. H.; ALAMDAR, K. A new edge detection method based on the analytic signal of tilt angle (ASTA) for magnetic and gravity anomalies. **Iranian Journal of Science and Technology (Sciences)**, v. 35, n. 2, p. 81-88, 2011.
- BARBOSA, V. C. F.; SILVA, J. B. C.; MEDEIROS, W. E. Stability analysis and improvement of structural index estimation in Euler deconvolution. **Geophysics**, v. 64, n. 1, p. 48-60, 1999.
- COOPER, G. R. J.; COWAN, D. R. A generalized derivative operator for potential field data. **Geophysical Prospecting**, v. 59, n. 1, p. 188-194, 2011.
- COSTA, I. S. L.; TAVARES, F. M.; DE OLIVEIRA, J. K. M. Predictive lithological mapping through machine learning methods: a case study in the Cinzento Lineament, Carajás Province, Brazil. **Journal of the Geological Survey of Brazil**, v. 2, n. 1, p. 26-36, 2019.
- COSTA, I. S. L. C.; SERAFIM, I. C. C. O.; TAVARES, F. M.; POLO, H. Uranium anomalies detection through Random Forest regression. **Exploration Geophysics (Reviews)**, v. 51, 2020. Epub ahead of print. DOI: <https://doi.org/10.1080/08123985.2020.1725387>
- COSTA, U. A. P.; PAULA, R. R.; SILVA, D. P. B.; BARBOSA, J. P. O.; SILVA, C. M. G.; TAVARES, F. M.; OLIVEIRA, J. K. M.; JUSTO, A. P. **Mapa de integração geológico-geofísica da ARIM Carajás**. Belém: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2016. Programa Geologia do Brasil.
- DICKSON, B. L., SCOTT, K. M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys-adding the geochemical factors. **AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics**, v. 17, p. 187-200, 1997.
- EFIMOV, A. V. Multiplikativnyj pokazatel dlja vydelenija endogennyh rud po aerogamma-spektrometricheskim dannym. *In: METODY Rudnoj Geofiziki*. Lenigrado: Naucno-proizvodstven Oje objedinenie —Geofizika]], 1978.
- FOOTE, R. S. Improvement in airborne gamma-radiation analysis for anomalous radiation by removal of environmental and pedologic radiation changes. *In: SYMPOSIUM ON USE OF NUCLEAR TECHNIQUES IN THE PROSPECTING AND DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES*, 1969, Viena, Austria. **Proceedings [...]**. Viena, Austria, 1969. p. 187-194.
- GNOJEK, I.; PŘICHYSTAL, A. A new zinc mineralization detected by airborne gamma-ray spectrometry in northern Moravia (Czechoslovakia). **Geoexploration**, v. 23, n. 4, p. 491-502, 1985.
- IAEA. Mapping Using Gamma Ray. **Encycl. Atmos. Sci.**, v. 4, p. 1549-1555, 2003.
- ISLES, D. J.; RANKIN, L. R. **Geological interpretation of aeromagnetic data**. Tulsa, Okla.: Society of Exploration Geophysicists and Australian Society of Exploration Geophysicists, 2013. 365 p.
- LI, X. Understanding 3D analytic signal amplitude. **Geophysics**, v. 71, n. 2, p. L13-L16, 2006.
- MARKOV, J.; DENTITH, M. An assessment of the performance of derivative based data enhancement techniques in the presence of coherent noise. **ASEG Extended Abstracts**, n. 1, p. 1-3, 2013.
- MILLER, H. G.; SINGH, V. Potential field tilt—a new concept for location of potential field sources. **Journal of Applied Geophysics**, v. 32, n. 2-3, p. 213-217, 1994.
- MINTY, B. Short note: on the use of radioelement ratios to enhance gamma-ray spectrometric data. **Exploration Geophysics**, v. 42, n. 1, p. 116-120, 2011.
- NABIGHIAN, M.N. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation. **Geophysics**, v. 37, n. 3, p. 507-517, 1972.
- NETO, L. F.; FERREIRA, F. J. F. Gamaespectrometria integrada a dados exploratórios multifonte em ambiente SIG aplicada à prospecção de ouro na Folha Botuverá, SC. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. suppl. 2, p. 197-208, 2016.

REID, A. B.; ALLSOP, J. M.; GRANSER, H.; MILLET, A. J.; SOMERTON, I. W. Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution. **Geophysics**, v. 55, n. 1, p. 80-91, 1990.

SAUNDERS, D.; BURSON K., BRANCH, J.; THOMPSON, C. Relation of thorium-normalized surface and aerial radiometric data to subsurface petroleum accumulations. **Geophysics**, v. 58, n. 10, p. 1417-1427, 1993.

SHIVES, R. B. K; CHARBONNEAU, B. W.; FORD, K. L. The detection of potassic alteration by gamma-ray spectrometry—Recognition of alteration related to mineralization detecting ore using GRS and K alteration. **Geophysics**, v. 65, n. 6, p. 2001-2011, 2000.

TELFORD, W.; GELDART, L.; SHERIFF, R. **Applied Geophysics**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

WILFORD, J. R.; BIERWIRTH, P. N; CRAIG, M. A. Application of airborne gamma-ray spectrometry in soil/regolith mapping and applied geomorphology. **AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics**, v. 17, n. 2, p. 201-216, 1997.

## Sede Brasília

Setor Bancário Norte - SBN  
Quadra 02, Asa Norte  
Bloco H - Edifício Central Brasília  
Brasília - DF • CEP: 70040-904  
Fone: 61 2108-8400

## Escritório Rio de Janeiro - ERJ

Av. Pasteur, 404 - Urca  
Rio de Janeiro - RJ • CEP: 22290-255  
Fone: 21 2295-0032

## Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Fone: 21 2546-0212  
61 3223-1166

## Departamento de Geologia

Fone: 91 3182-1326  
21 99584-3726

## Divisão de Geologia Básica

Fone: 84 3231-1170

## Departamento de Recursos Minerais

Fone: 21 2295-4992

## Ouvidoria

Fone: 21 2295-4697  
ouvidoria@cprm.gov.br

## Serviço de Atendimento ao Usuário - SEUS

Fone: 21 2295-5997  
seus@cprm.gov.br

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

2020



SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM

SECRETARIA DE  
GEOLOGIA, MINERAÇÃO  
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL