

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

RAPHAELA DE CARVALHO GOMES DOS SANTOS

**ANÁLISE PRELIMINAR DA LEITURA E IDENTIFICAÇÃO DO MAPA
GEOLÓGICO**

Monte Carmelo (MG)

Novembro de 2024

RAPHAELA DE CARVALHO GOMES DOS SANTOS

**ANÁLISE PRELIMINAR DA LEITURA E IDENTIFICAÇÃO DO MAPA
GEOLÓGICO**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado
ao Curso de Geologia do Instituto de Geografia,
Geociências e Saúde Coletiva da Universidade
Federal de Uberlândia, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do título de
Bacharel em Geologia.

Orientador: Filipe Goulart Lima

Coorientador: Fernando Luiz de Paula Santil

Monte Carmelo (MG)

Novembro de 2024

RAPHAELA DE CARVALHO GOMES DOS SANTOS

**ANÁLISE PRELIMINAR DA LEITURA E IDENTIFICAÇÃO DO MAPA
GEOLÓGICO**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado
ao Curso de Geologia do Instituto de Geografia,
Geociências e Saúde Coletiva da Universidade
Federal de Uberlândia, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do título de
Bacharel em Geologia.

Orientador: Filipe Goulart Lima

Coorientador: Fernando Luiz de Paula Santil

Monte Carmelo (MG), 18 de Novembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Filipe Goulart Lima (Orientador)
(IG/UFU *campus* Monte Carmelo)

Prof. Dr. Alan Silveira
(IG/UFU *campus* Monte Carmelo)

Ma. Juliana Abreu Crosara Petronzio
(IG/UFU *campus* Monte Carmelo)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus Orixás, por terem me dado forças e sabedoria para chegar até aqui, e por terem permitido que meu caminho cruzasse com o caminho de pessoas tão boas, durante esse ciclo da graduação.

Agradeço minha avó Fatima, meu maior exemplo de vida, de mulher, minha força diária. Agradeço por sempre me apoiar e confiar que eu seria ser capaz de realizar meus sonhos, mesmo diante de tantas a dificuldades. Sou grata ao meu tio Romildo, que sempre foi além de apenas meu tio, foi meu melhor amigo, meu confidente. Obrigada por sempre me apoiar a seguir seus caminhos como geólogo, você sempre será meu maior exemplo como profissional.

Ao meu orientador Filipe, por sempre ser muito paciente comigo, por esta incessantemente disposto a me ajudar e tirar minhas dúvidas. Obrigada por ter aceitado participar deste trabalho novo para todos nós. Me mantendo com a mesma opinião de quando te chamei para realizar esse trabalho, teria que ser você, você é o melhor professor e orientador que eu poderia ter. Obrigada! Ao meu coorientador Fernando Santil, por ter apresentado o tema, e por aceitado fazer parte desse trabalho. Sem o senhor, esse trabalho não teria começado.

Aos meus primeiros companheiros da república Dona Tuta, Vinicius e Thiago, vocês foram minha família em Monte Carmelo, minha válvula de escape, a família que me apoiou no começo dessa jornada. Obrigada por todos os momentos que vivemos, estarão para sempre no meu coração.

Aos meus amigos das República Xingú e da República BDP, foi incrível viver momentos tão especiais com vocês. Aos meus veteranos, Michele, João Victor, Nátily, Luis Felipe, Elaine e Will, vocês foram os melhores veteranos que eu poderia ter. Obrigada por sempre se colocarem a disposição para me ajudar, obrigada por tanto!

Um agradecimento especial para meus grandes amigos, Willian Mizumura e Giovana Leonel, foi mais que especial dividir esses cinco anos de graduação com vocês, eu amo vocês. Obrigada por serem meu apoio, e sempre estarem comigo. Giovana, obrigada por todos os momentos que compartilhamos morando juntas, por me incluir na sua vida e família, foi muito especial morar esses anos com você. Willian, palavras não serão o suficiente para te agradecer, você foi mais que um amigo para mim, obrigada por se manter ao meu lado, por sempre acreditar em mim, e por ter me ajudado em tudo durante essa graduação, sua ajuda e seu apoio, foram essenciais para mim, obrigada!!

Por fim, agradeço á todos que pude compartilhar minha vida durante essa jornada.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise preliminar da leitura e identificação de mapas geológicos, desenvolvida por uma graduanda do último período do curso de Geologia da Universidade Federal de Uberlândia. Os mapas geológicos são instrumentos fundamentais em diversas áreas das geociências, como exploração mineral, geotecnica, hidrogeologia e planejamento territorial, pois reúnem informações essenciais sobre a distribuição das rochas, suas estruturas e contatos geológicos. O objetivo central desta pesquisa é compreender os processos de leitura e interpretação de um mapa geológico, buscando identificar o nível de conhecimento necessário para sua correta utilização e destacar a importância da formação acadêmica nesse processo. Para isos, foi utilizada como base de análise a Folha SE.23-V-VI Arrenegado, elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). A metodologia envolveu uma observação e interpretação dos elementos cartográficos do mapa, título, legenda, escala, referencial de orientação e localização, além das convenções gráficas geológicas e a comparação com os padrões brasileiros e internacionais de simbologia, em especial os adotados pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB) e pelo United Sates Geological Survey (USGS). Os resultados evidenciam a relevância da padronização na comunicação cartográfica e a necessidade de domínio técnico por parte do profissional geólogo para a correta leitura e uso desses documentos. Verificou-se ainda que, embora o mapa geológico seja produzido exclusivamente por geólogos ou engenheiros geológicos, sua interpretação é fundamental para profissionais de outras áreas, o que reforça e importância da clareza e coerência nas representações cartográficas. Conclui-se que o estudo da leitura e identificação de mapas geológicos é essencial na formação acadêmica do geólogo, pois desenvolve competências interpretativas indispensáveis à atuação profissional. Além disso, destaca-se a necessidade de aprimoramento contínuo dos padrões simbólicos e das metodologias de ensino relacionadas à cartografia geológica a fim de fortalecer a comunicação entre o autor e o usuário do mapa.

Palavras-chave: Mapas geológicos; Interpretação cartográfica; Simbologia geológica; Formação do geólogo; Comunicação cartográfica.

ABSTRACT

This study presents a preliminary analysis of the reading and identification of geological maps, developed within the Geology program at the Federal University of Uberlândia. Geological maps are fundamental tools in geosciences, as they gather information about the distribution of rocks, their structures, and geological contacts. The main objective is to understand the process of reading and interpreting a geological map, identifying the level of knowledge required for its proper use and emphasizing the importance of academic training. The analysis was based on the Geological Map of Sheet SE.23-V-VI Arrenegado, prepared by the Geological Survey of Brazil (CPRM). The methodology involved the observation and interpretation of cartographic elements, legend, scale, orientation, and symbology and their comparison with the standards adopted by the Brazilian Geological Survey (SGB) and the United States Geological Survey (USGS). The results highlight the importance of standardization in cartographic communication and the need for technical expertise by geologists for accurate map reading and use. It is concluded that studying the reading and identification of geological maps is essential in geology education, as it develops interpretative skills indispensable for professional performance.

Keywords: Geological maps; Cartographic interpretation; Geological symbology; Geologist training; Cartographic communication.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - A) título do mapa geológico; B) legenda de mapa geológico.....	16
Figura 2 - A) Referencial de orientação; B) Referencial de localização C) Escala.....	17
Figura 3 – Modelo da Informação Cartográfica	19
Figura 4 - Cores sugeridas para mapas geológicos.....	22
Figura 5 – Mapas e blocos diagramas ilustrando a interação entre a representação de um contato geológico em mapas, as curvas de nível e o mergulho desse contato.....	25
Figura 6 - Seção "Convenções Geológicas" recortada da Folha Arrenegado.....	26
Figura 7 - Representação das unidades geológicas da Folha Arrenegado	27
Figura 8 - Representação da unidade geológica, presente no período cretáceo	28
Figura 9 - Representação da unidade geológica, presente na era cenozoico	28
Figura 10 - Representação do Grupo Canastra	29
Figura 11 - Representação do Grupo Vazante	30
Figura 12 - Representação do Grupo Bambuí	30
Figura 13 - Representação do Grupo Areado	31
Figura 14 - Representação das coberturas e depósitos	31
Figura 15 - Disposição das Unidades geológicas da Folha Arrenegado	32
Figura 16 – Padrões de contatos entre as unidades geológicas, da folha arrenegado.	33
Figura 17 – Simbologias referentes a foliação e acamanetos, em destaque com as setas vermelhas	33
Figura 18 - Exemplificação acerca da disposição de camadas e/ou unidades geológicas de acordo com a interpretação a partir das simbologias presentes.....	34
Figura 19 – A) Setas azuis indicando contatos que acompanham a forma das drenagens; setas amarelas indicando contatos que não controlados pela drenagem. B) Linha curva azul indicando o padrão geral de contato possivelmente associados a dobras	35
Figura 20 - Seção Geológica Esquemática da Folha Arrenegado	35
Figura 21 - Representação do direcionamento das camadas de NW-SE para NE-SW, indicadas pelas linhas pontilhadas (em vermelho).....	36
Figura 22 - Representação das coberturas presentes no Grupo Bambuí	37

Sumário

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	9
2. OBJETIVOS.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Levantamento bibliográfico	12
3.2 Seleção do mapa geológico.....	13
3.3 Análise das Representações Utilizadas nos Mapas Geológicos	13
3.4 Procedimentos de leitura e interpretação	13
4. RESULTADOS	14
4.1. Referencial teórico	14
4.1.1. Cartografia e Cartografia Temática.....	14
4.1.2. Título.....	16
4.1.3. Legenda.....	16
4.1.4. Referencial de Orientação	17
4.1.5. Referencial de Localização	17
4.1.6. Escala	17
4.1.7. Comunicação Cartográfica.....	18
4.1.8. Cartografia geológica	19
4.1.9. Unidades de mapeamento na cartografia geológica.....	20
4.2. Representação das unidades de mapeamento na cartografia geológica.....	21
4.2.1. United States Geological Survey (USGS)	21
4.2.2. Serviço Geológico Brasileiro (SGB).....	23
4.2.3. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).....	23
4.3. Representações de estruturas geológicas	24
5. LEITURA DA FOLHA ARRENEGADO.....	26
5.1. Unidades geológicas da Folha Arrenegado	27
5.1.2. Ocorrência das unidades geológicas na Folha Arrenegado.....	32
5.1.3. Contatos das Unidades Litoestratigráficas	32
5.1.4. Uso do Mapa	33
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS.....	39
ANEXO – A.....	41

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os mapas geológicos contêm representações horizontais que reúnem informações relacionadas à geologia de uma determinada região, tais como a distribuição e o tipo das rochas, as relações de contato entre elas, as estruturas presentes e suas possíveis continuidades em subsuperfície (Thomas, 2004).

Esses dados constituem a base para o desenvolvimento de trabalhos em diversas áreas das geociências, como a exploração mineral, a geotecnologia e a hidrogeologia, além de servirem de suporte para o planejamento urbano e a gestão de recursos naturais (Thomas, 2004).

Apartir desses documentos são elaborados produtos derivados como mapas metalogenéticos, geotécnicos e de suscetibilidade entre outros. Como destacou Wallace (1975):

Não existe absolutamente nenhum substituto para o mapa e a seção geológico. Nunca existiu e nunca existirá. A geologia básica deve ser uma prioridade – e se estiver errada, tudo que vier em seguida provavelmente estará errado (Wallace, 1975, p.)

Considerando a importância e as diversas aplicações dos mapas geológicos, torna-se essencial compreender os processos de leitura e identificação das informações neles representadas. Esses processos estão diretamente ligados à eficiência da comunicação cartográfica, uma vez que o mapa atua como veículo de transmissão das informações geológicas produzidas pelo autor (cartógrafo ou geólogo) para o usuário, que as emprega na tomada de decisões técnicas e científicas.

De acordo com Simielli (2010), a criação e a comunicação da informação cartográfica envolvem múltiplos aspectos inter-relacionados, que podem ser divididos em sete estágios. Os quatro primeiros referem-se à construção do mapa e os três últimos à utilização do mapa. Esses estágios abrangem desde a observação seletiva da realidade R_1 até a transformação da informação cartográfica em ação prática, isto é, quando o usuário aplica o conhecimento adquirido em sua atividade profissional. As propriedades desses estágios são:

1 – *Observação Seletiva da Realidade – R_1*

Tendo os objetivos definidos, conhecimento e capacidade específica, o cartógrafo observa a realidade (R_1), sob determinadas condições, justificando, então a seleção. Na prática, ele observa diretamente o meio geográfico ou o estuda em um mapa que lhe serve (com outros materiais) como fonte para o seu trabalho.

2 – *Efeito da Informação – I_s*

A observação da realidade produz um efeito informativo no cartógrafo, que recebe a informação seletiva (I_s), correspondente a um modelo intelectual multidimensional da realidade a ser representada.

3 – *Transformação Intelectual da Informação Seletiva – I_s em Informação Cartográfica – I_c*

A mente do cartógrafo transforma o modelo intelectual multidimensional da realidade (I_s) num modelo bidimensional. Nesse processo, sua mente trabalha com o conceito de uso da linguagem cartográfica (L).

4 – Materialização da Informação Cartográfica - I_c

O cartógrafo expressa sua forma de informação cartográfica intelectual por meio de símbolos cartográficos. Assim, ele produz um mapa manuscrito no qual a informação cartográfica I_c é materializada por intermédio do uso desses símbolos. Dessa forma, esse produto se torna acessível à percepção via sentidos humanos. Geralmente, segue-se o processo de impressão no qual o mapa original é reproduzido.

5 – Efeito da Informação Cartográfica – I_c Materializada

O mapa produz um efeito de informação sobre o usuário. O usuário do mapa que via a realidade como R_2 , lendo o mapa, transforma sua opinião a respeito da realidade R_2 em R_1 .

6 – Efeito da Informação Cartográfica - I_c Ampliado

Confirando na informação cartográfica I_c , o usuário do mapa cria em sua mente um modelo multidimensional da realidade R_1 e a apreende.

7 – Agir sob o Impacto da Informação cartográfica - I_c

A informação cartográfica obtida – I_c enriquece o conhecimento e a experiência do usuário do mapa. Ela é transformada imediatamente em sua atividade prática, ou ele a processa em uma ideia que percebe de imediato, ou posteriormente no decorrer de seu trabalho, ou de alguma outra forma. De qualquer maneira, a realidade R_2 do usuário do mapa é ampliada (Simieli, 2010, p. 75-76).

Deste modo, a criação e a comunicação da informação geológica, depende do conteúdo da mente do geólogo, que envolve sua experiência, conhecimento, habilidades, propriedades e processos psicológicos que influenciam a realidade R_1 ; dos símbolos cartográficos e/ou convenções geológicas, utilizados para materializar a informação cartográfica/geológica em um mapa; e do conteúdo da mente do usuário, que influencia realidade R_2 , que irá ler e identificar a informação geológica materializada no mapa, por meio dos símbolos utilizados (Kolancny, 1977; Simieli, 2010).

Assim, a comunicação cartográfica depende não apenas do conteúdo técnico representado, mas também das experiências e da formação do profissional que a produz e daquele que a interpreta. O domínio da linguagem cartográfica que compreende o uso adequado de símbolos, convenções geológicas, escalas e sistemas de referência é essencial para garantir que a informação transmitida seja compreendida corretamente pelo leitor.

O conteúdo da mente do geólogo e do usuário do mapa dependem de suas formações, ou de suas profissões, e das suas experiências profissionais/acadêmicas. No contexto da formação acadêmica em Geologia o projeto pedagógico do curso (PPC) exerce papel determinante na capacitação dos futuros profissionais para a leitura e a elaboração de mapas geológicos. Esse documento orienta o desenvolvimento das competências técnicas e interpretativas necessárias para que o geólogo compreenda, represente e comunique adequadamente as informações geológicas.

Já os símbolos, ou convenções geológicas, são parte da linguagem cartográfica. Esta linguagem é indicada por Slocum (1999) como a dimensão espacial da feição e a primitiva gráfica para representá-la; o nível (ou escala) de medida, definido pelas características a serem

representadas do fenômeno; as variações visuais das primitivas gráficas, que serão usadas para representar as feições e suas classificações.

No caso, a dimensão espacial traz as características a serem representadas do fenômeno que pode ser pontual, linear ou areal cujas primitivas gráficas acompanham essa dimensão espacial do fenômeno ou feição a ser representado. Por outro lado, essas características carregam o nível de conhecimento sobre essas feições, e para mapear as informações geológicas é necessário o conhecimento de quais níveis de medida estão envolvidas nas informações que serão mapeadas, que são denominadas por escala de mensuração, a saber: nominal, ordinal, intervalar e razão (Slocum, 1999; Dent, 1999).

Para que a informação seja apreendida, Pignatari (1989), destaca que ela precisa ser transformada em sinais ou signos. Em termos de comunicação cartográfica, os signos podem ser considerados como palavras numa sentença, e a sua organização forma a frase, dá o contexto de seu propósito (Santil, 2001).

As palavras possuem um significado próprio decorrente de sua posição na frase, e o conjunto dessas palavras caracteriza uma informação, a qual é determinada pelas regras gramaticais da língua. O significado da mensagem cartográfica não está restrito aos signos, mas ao modo como estes estão distribuídos espacialmente (Santil, 2001, p.16).

Assim, os signos são compostos por três elementos, como destaca Nöth (2008): é a união de um significado (conteúdo) com um significante (veículo-sígnico), e para a segunda há o reconhecimento de um terceiro elemento o objeto que determina a representação (veículo da informação) e desencadeia o interpretante, que traduz o efeito na mente do usuário. Como afirma Santaella (1998), o signo triádico de Pierce pode ser visualizado em quaisquer tipos de linguagens e, em especial, a cartográfica.

Foge ao escopo deste trabalho a inserção referente a semiótica como componente dessa análise. Podem se citados, entre outros, os trabalhos de Zigante e Santil (2021); Garbin e Santil (2020) e Garbin et al. (2012) para maiores esclarecimentos sobre o tema, bem como a inserção de leituras básicas a respeito do assunto. Entretanto, observa-se uma lacuna na literatura científica relacionada ao estudo da interpretação nos métodos de elaboração e nas convenções gráficas, enquanto as análises voltadas à leitura e à identificação das informações especialmente sob a ótica da comunicação cartográfica são menos frequentes.

A presente pesquisa busca contribuir para o preenchimento dessa lacuna, analisando a leitura e a identificação das informações contidas em mapas geológicos, com ênfase no desenvolvimento das habilidades interpretativas adquiridas durante a formação acadêmica.

Além de atender uma demanda interna do curso de Geologia da Universidade Federal de Uberlândia, esta trabalho também ressalta a relevância dessa temática para profissionais de outras áreas que utilizam mapas geológicos como ferramenta de apoio em suas atividades. A

clareza, a padronização e a coerência na representação das informações são fatores determinantes para garantir uma comunicação eficaz entre os diferentes usuários desses documentos técnicos.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como proposta realizar uma análise preliminar da leitura e identificação de um mapa geológico, a fim de compreender os elementos fundamentais que permitem a correta interpretação das informações geológicas representadas. Busca-se, ainda, discutir a importância da formação acadêmica do geólogo no processo de leitura e uso desses documentos cartográficos.

- Analisar o nível mínimo de conhecimento necessário para realizar a leitura de um mapa geológico;
- Avaliar o nível mínimo de conhecimento exigido para o uso adequado do mapa geológico, como foco na interpretação dos contatos geológicos representados;
- Comparar as simbologias e convenções cartográficas empregadas em padrões nacionais e internacionais (SGB e USGS), verificando sua coerência e aplicabilidade;
- Discutir a influência da formação acadêmica na capacidade de leitura, interpretação e comunicação das informações geológicas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada de forma a possibilitar uma análise detalhada da leitura e identificação de um mapa geológico, engatizando os aspectos cartográficos e geológicos que interferem na correta interpretação dessas representações.

O estudo foi desenvolvido em três etapas principais: Levantamento bibliográfico, seleção e análise do mapa geológico e avaliação das representações cartográficas e geológicas.

3.1 Levantamento bibliográfico

Inicialmente, foi realizado um levantamento de referências bibliográficas relacionadas à cartografia, cartografia temática e cartografia geológica. Essa etapa teve como objetivo compreender os fundamentos teóricos sobre a comunicação cartográfica e a representação gráfica de feições geológicas, além de identificar os padrões simbólicos utilizados por diferentes instituições.

Foram consultadas publicações clássicas e recentes sobre o tema, com destaque para os trabalhos de Thomas(2004), Simieli (2010), Slocum (1999), Oliveira (2004), Dent (1999) e Fossen (2010), além das convenções propostas pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB) e pelo United States Geological Survey (USGS).

3.2 Seleção do mapa geológico

Para a análise prática, foi selecionado o mapa geológico da Folha SE.23-V-VI Arrenegado, elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). A escolha dessa folha se deu por dois motivos principais;

- Sua localização em uma área de relevância geológica no contexto regional;
- A presença de diferentes unidades litoestratigráficas e estruturas geológicas, que permitem observar de forma cçara as convenções gráficas, os contatos e os padrões de representação.

O mapa em questão está apresentado no Anexo A deste trabalho.

3.3 Análise das Representações Utilizadas nos Mapas Geológicos

A análise das representações teve como base as convenções adotadas na elaboração dos mapas geológicos, especialmente aquelas relacionadas à simbologia, coloração, legendas, escala, orientação, referências geográficas e estruturas geológicas.

Foram observadas e comparadas as simbologias empregadas no mapa da Folha Arrenegado com os padrões definidos por Passchier & Trouw (1996), bem como com as convenções cartográficas sugeridas pelo SGB e pelo USGS.

Os seguintes elementos foram avaliados:

- Titulo do mapa, verificando sua clareza e adequação à área de estudo;
- Legenda, analisando a correspondência entre símbolos e unidades geológicas;
- Referências de orientação e localização, observando o uso de coordenadas e projeção cartográfica;
- Escala, considerando sua coerência com o nível de detalhe das informações;
- Representações litológicas e estruturais, como falhas dobradas e contatos entre unidades;
- Uso das cores e padrões gráficos, avaliando a padronização e legibilidade;
- Símbologias específicas, como acamamento, mergulho e foliação, verificando a clareza na representação.

3.4 Procedimentos de leitura e interpretação

A etapa final consistiu na leitura e interpretação das informações geológicas representadas no mapa selecionado, com base nos elementos analisados. Buscou-se identificar como as diferentes convenções e simbologias facilitam ou dificultam o processo de

comunicação cartográfica e a compreensão das unidades geológicas.

Também foram avaliadas as relações entre as unidades litoestratigráficas, os contatos geológicos e as estruturas representadas, com foco na identificação de padrões que auxiliem a interpretação da geologia local.

4. RESULTADOS

4.1. Referencial teórico

4.1.1. *Cartografia e Cartografia Temática*

A origem da palavra Cartografia é um neologismo criado por Visconde de Santarém e dirigida em carta ao historiador Adolfo Varnhagen, sugere esse termo ao invés de se usar Cosmografia, termo esse tradicional (Oliveira, 1993). O termo sugerido remete a ideia de escrita, registro em papel (o meio) no qual há representação gráfica do dado que se transformará em informação pelo usuário do mapa ao efetuar essa leitura.

Uma definição de Cartografia é:

A arte, ciência e tecnologia de mapeamento, juntamente com seus estudos como documentos científicos e trabalhos de arte. Neste contexto, pode ser considerada como incluindo todos os tipos de mapas, plantas, cartas e seções, modelos tridimensionais e globos representando a Terra ou qualquer corpo celeste, em qualquer escala (Dent, 1999, p.4).

Esta definição, em sua parte inicial, mostra que a Cartografia tem o mapeamento que se traduz por coleta, processamento e apresentação dos dados para geração dos documentos cartográficos. Isto é, as atividades desenvolvidas pela Geodesia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto dão suporte à Cartografia em relação ao levantamento e processamento da informação sobre à superfície terrestre.

O segundo aspecto é referente ao produto cartográfico e, em particular, ao mapa. Talvez seja o produto mais conhecido e há diferentes definições que podem levar a um tipo de classificação. De uma forma geral, os mapas são: a) são imagens gráficas bidimensionais; b) há uso de símbolos gráficos para representar as feições cartográficas (estrada, rua etc.); c) estas feições são indicadas em sistema de localização e está relacionada ao nível de informação do mapa, isto é, a escala de representação e d) exigem o uso de uma projeção cartográfica (Menezes e Fernandes, 2013; Robbi, 2000)

Para os propósitos deste trabalho, essa classificação ficará em função da finalidade para a qual são construídos. Assim, os mapas podem ser classificados em mapas de propósito geral

e os mapas temáticos (Keates, 1989). Os mapas de propósito geral são definidos por serem úteis em diversas situações nas quais a ênfase está na localização espacial para obtenção da informação adquirida do mapa. Neste caso, esses mapas são construídos para a representação da localização de uma variedade de diferentes feições. As cartas topográficas são um tipo de mapa de referência geral porque deve atender as demandas da sociedade, isto é, para qualquer atividade sob a égide da localização absoluta de todas as feições da superfície terrestre.

Segundo Dent (1999, p.7), a Associação Cartográfica Internacional (ICA) define mapa temático como “um mapa projetado para revelar feições ou conceitos particulares, no uso convencional esse termo exclui as cartas topográficas”. O propósito dos mapas temáticos é mostrar as características estruturais de alguma distribuição geográfica particular. Esse termo é de criação recente, conforme relato de Martinelli (1999, p.38), foi introduzido por Creuzburg em 1952 por ocasião do Congresso de Cartografia de Stuttgart.

Martinelli (1999, p. 226-227) destaca ainda que desde o fim do séc. XVI aparecem os mapas temáticos cujo propósito é:

[...]representando assuntos selecionados com fins aplicativos. Porém, sua afirmação definitiva se dá no fim do século XVIII, com a sistematização dos vários ramos de estudos consolidados a partir de uma divisão do trabalho científico. Passamos a assistir a um paulatino acréscimo de tematismos à cartografia topográfica eminentemente analógica tomada como base. Esta nova renovação vai se desenvolvendo de forma a romper os liames com o mundo visível, buscando a exploração da variação perceptiva em terceira dimensão visual dissociada do espaço bidimensional intrínseco ao mapa como figura do terreno¹. (Martinelli, 1999, p. 226- 227).

Essa proposta de avançar para “além do visível” ocorreu com a sistematização das áreas do conhecimento entre os séculos XVIII e XIX, e a Cartografia Temática floresceu com essa organização das várias disciplinas, isto trouxe demanda por gerar produtos que as atendessem propiciando, por exemplo, os primeiros mapas temáticos de geologia; surgindo a posteriori mapas direcionados à meteorologia, à oceanografia, à biologia, entre outros (Martinelli, 1999).

Como o foco deste trabalho está centrado no mapa geológico convém, como salientam Santil e Queiroz (2011), destacar que o uso de um produto cartográfico perpassa pela leitura de seus elementos. Em particular, esses autores destacam essa leitura para carta topográfica e como o mapa geológico se vale das curvas de nível entre outros elementos daquele, adotar-se-á a leitura interna e externa dos elementos do mapa geológico. A leitura interna se refere a legenda, e os demais elementos (título, projeção cartográfica, entre outros) à leitura externa.

Segundo Oliveira (2004), o principal intuito do título (Figura 1 – A) é indicar com clareza e com objetividade, qual o tema que está sendo apontado. O título deve apresentar uma área de estudo específica, podendo ser um município, estado, região ou país. Quando os temas são referentes ao meio físico é necessário que se esclareça, visto que podem ser atemporais, isto é, quando são considerados a escala de tempo histórica, apresentam poucas mudanças em uma menor escala de tempo. Isso ocorre principalmente na geologia, já que apresentam formas do relevo e diferentes tipos de solos, como afirma Oliveira (2004). É importante ressaltar que o título não é a mesma coisa que o tema, mesmo ocorrendo menção a ele.

4.1.3. Legenda

A legenda (Figura 1 – B) contribui para leitura do mapa. Isto é, o papel desse elemento é permitir que a simbologia conhecida ou não esteja disponível ao usuário. Esse elemento carrega a relação entre as características das feições geológicas e a sua tradução gráfica (Oliveira, 2004).

Figura 1 - A) título do mapa geológico; B) legenda de mapa geológico.

A FOLHA ARRENEGADO - SE.23-V-C-VI	UNIDADES GEOLÓGICAS
B	<p>CENOZÓICO</p> <p>Q2a Depósitos aluviais: Sedimentos inconsolidados de natureza arenosa, areno-argilosa, argilo-síltica contendo, localmente, seixos e matações.</p> <p>Q1di Coberturas detriticas indiferenciadas: Sedimentos arenosos, areno-argilosos e argilo-sílticos inconsolidados, localmente com ocorrência de canga e níveis de cascalho. Cotas entre 700 a 950m.</p> <p>Ndi Coberturas eluvionares detrito-lateríticas: Latossolos, sedimentos argilo-sílticos vermelho escuros com concreções ferruginosas e níveis de cascalho. Cotas entre 950 a 1300m.</p> <p>MESOZÓICO</p> <p>GRUPO AREADO FORMAÇÃO TRÉS BARRAS</p> <p>K1atb Arenitos róseos a bege, esbranquiçados e cinza claros, de granulometria fina a grossa, maciços, estratificados, com estratificação cruzada de médio a grande porte.</p> <p>NEOPROTEROZÓICO GRUPO BAMBUÍ FORMAÇÃO SERRA DA SAUDADE</p> <p>NP3sd Siltitos, argilitos, siltitos/argilitos verdes (verdetes) e níveis de arenitos e de calcários calcíticos (cc). (633 Ma, idade máxima de sedimentação por zircão detritico - U/Pb - ICP-MS)</p>

Fonte: Recorte da Folha Arrenegado (Signorelli et al., 2013).

¹ A expressão "Cartografia Temática" foi cunhada por Schumacher, na Alemanha, por volta de 1934, afirma Santos (1991, p. 358). Essa denominação buscou acrescentar a exploração de diferentes temas, não se limitando a topografia ou a cartografia topográfica característica dos impérios romanos, francês, entre outros.

4.1.4. Referencial de Orientação

De acordo com Oliveira (2004), nos mapas o referencial de orientação geralmente é representado pela rosa-dos-ventos, demonstrando a posição dos pontos cardeais e colaterais (Figura 2 - A). É interessante ressaltar que a origem do verbo “orientar” possui o sentido de volta para o oriente (Oliveira, 2004).

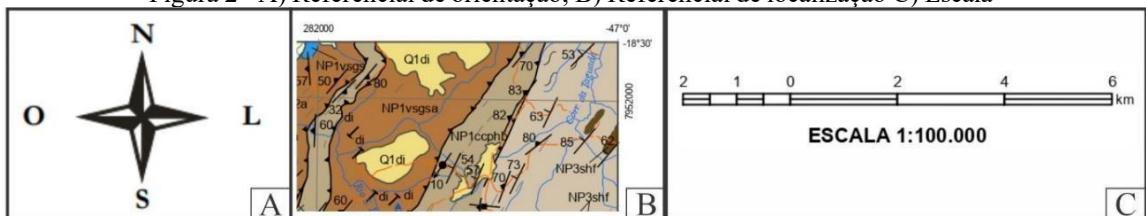
4.1.5. Referencial de Localização

De acordo com (Robinson et al., 1995), a rede de paralelos e meridianos foi concebida pelos gregos ainda na antiguidade. Os valores das coordenadas geográficas podem ser representados em graus, minutos e segundos, e corresponde ao cruzamento de um paralelo com um meridiano. Neste caso, pensa-se como forma esférica para a Terra. É possível ter dois sistemas de coordenadas no mapa geológico: plano retangular, oriundo do sistema de projeção UTM, e o das coordenadas geodésicas ambas geradas em função da forma elipsoidal para Terra. Para obtenção das coordenadas de um ponto, pode-se valer de qualquer sistema.

4.1.6. Escala

Segundo Oliveira (2004), a escala (Figura 2 - C) é responsável por fornecer relação das medidas “lineares” pertencentes ao mapa, junto às correspondentes em uma superfície real. Essa representação geralmente é apresentada em forma de fração, visto que se trata de uma correspondência matemática. Conforme o nível de informação (o conteúdo) do mapa e a área que foi mapeada pode-se estabelecer a ideia de grande, média e pequena. Sendo assim, as escalas consideradas grandes indicam pequenas áreas mapeadas e com grau de informação detalhado em relação ao seu conteúdo. Na literatura há outras classificações e critérios para essa conceituação. A representação pode ser expressa numérica e/ou graficamente, esta última representada por uma linha graduada que indica a relação expressa pela escala numérica.

Figura 2 - A) Referencial de orientação; B) Referencial de localização C) Escala

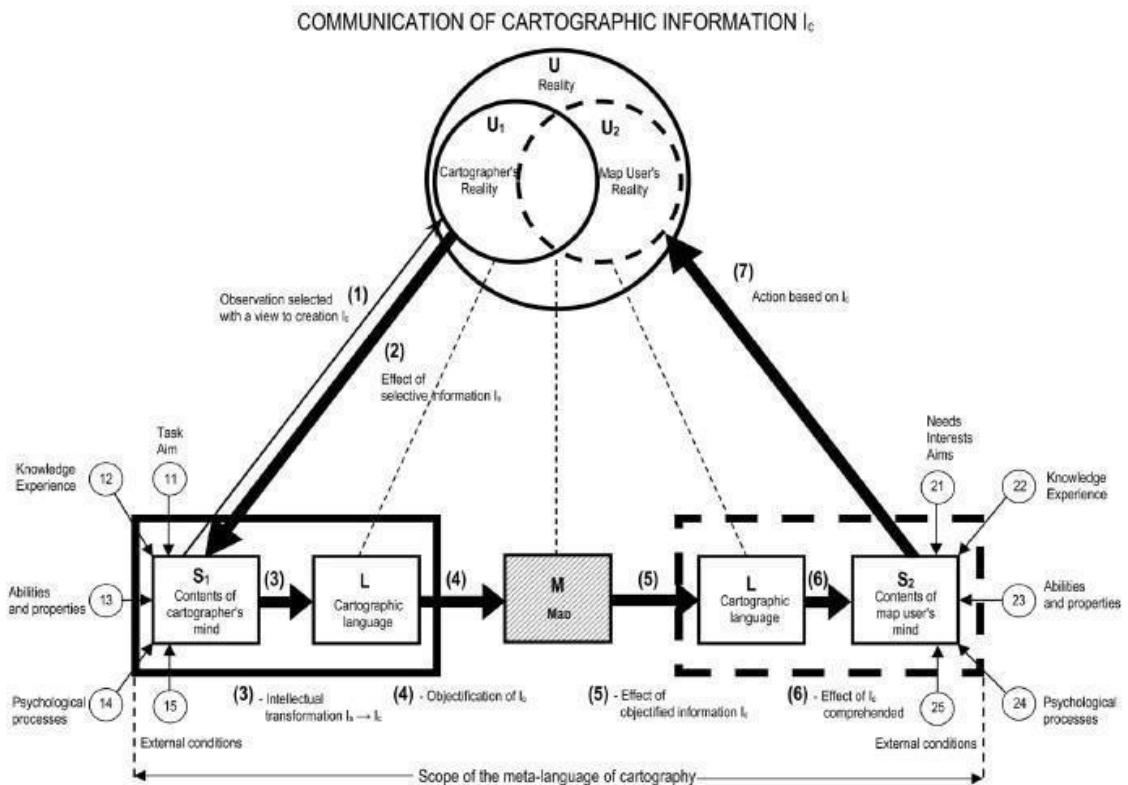


Fonte: Adaptada CRPM (2015) e Oliveira (2004).

4.1.7. Comunicação Cartográfica

Criar um texto, uma narrativa e outras expressões visam de alguma forma comunicar algo a alguém com um propósito. Por analogia, ao se construir (elaborar) um mapa se busca criar um elo entre o “construtor” e o “receptor” cuja mensagem está transcrita no mapa. Os mapas contêm informação que está registrada por intermédio dos símbolos cartográficos e se transformam em conhecimento quando ele é usado e, neste caso, ocorre o processo de comunicação, em particular o cartográfico. É interessante notar que esse conjunto dos símbolos forma a escrita desse processo de comunicação a qual é denominada de linguagem cartográfica. Neste tópico não se trata da discussão das teorias que trazem à tona as discussões referentes à cartografia temática. O propósito é apresentar uma noção geral da comunicação cujo foco está centralizado em sua breve descrição. Assim, o modelo clássico que trouxe essa discussão foi proposto por Kolacny (1977, p. 39), que define a Cartografia como teoria, técnica e prática de duas esferas de interesse: a criação e o uso de mapas, em que ambas compõem um único processo, no qual a informação cartográfica origina, é comunicada e produz um efeito. Para que essa informação seja compreendida pelo usuário deve haver uma sobreposição das realidades do cartógrafo e do usuário; essa realidade é o que nos rodeia tendo as realidades dos envolvidos não necessariamente coincidentes. Entretanto, conhecer o usuário, isto é, saber o seu grau de instrução, sua familiaridade com um determinado assunto, entre outros são fatores que fazem parte dessa criação e uso do mapa, como foi exposto na introdução. O modelo de *Kolacny* está indicado na Figura 3.

Figura 3 – Modelo da Informação Cartográfica



Fonte: Kolacny (1977, p.41)

4.1.8. Cartografia geológica

Na cartografia geológica pretende-se representar da superfície da Terra a distribuição de diferentes tipos de rochas, ou seja, o mapa geológico consiste em um mapa topográfico colorido indicando onde ocorrem rochas em superfície ou subsuperfície (Maltman, 1990; Lisle, 2004). Essas rochas são agrupadas em unidades de mapeamento, que possuem características litológicas em comum.

As rochas são consideradas como um agregado sólido constituídos de diversos minerais, formados por processos de origem ígnea, sedimentar ou metamórfica. A identificação e classificação dos diferentes tipos de rocha, tem como base a sua composição mineralógica, textura e estrutura. Já a litologia corresponde as características físicas de uma rocha (e.g. textura, estrutura, cor e mineralogia) observadas na escala macroscópica, isto é, em um afloramento ou amostra de mão (Watt, 1982; Parker; 1997; Licker et al., 2003; Allaby, 2013).

As estruturas geológicas também são representadas nos mapas geológicos. Entende-se como estrutura geológica ou a geologia estrutural tratam de formas como falhas, dobras e outras estruturas presentes na litosfera, onde atingem desde escalas microscópicas a quilométricas (Fossen, 2010). De acordo com Fossen (2010), as estruturas são resultado de deformações sobre as rochas, podendo ser definidas mais especificamente como a configuração geométrica das rochas (estrutura geológica), já a geologia estrutural abrange a geometria, formação e distribuição das estruturas.

4.1.9. Unidades de mapeamento na cartografia geológica

A denominação, criação e definição das unidades de mapeamento da cartografia geológica no Brasil, utilizam os mesmos princípios das unidades litoestratigráficas estabelecidos no Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri et al., 1986; Araújo et al., 1998).

Segundo Petri et al. (1986) e Araujo et al. (1998), Unidades Litoestratigráficas Formais são agrupadas de acordo com sua estratigrafia, litologia e cronologia, sendo ainda separadas em hierarquia de acordo com sua grandeza sendo Supergrupo, Grupo, Subgrupo, Formação, Membro, Camada, Complexo, Suíte e Corpo (Petri et al., 1986). Araujo et al. (1998) tratam as Unidades Litoestratigráficas como um conjunto de rochas que são caracterizadas por uma ou mais feições, englobando rochas metamórficas, sedimentares ou ígneas, intercaladas ou delimitadas, tendo como requisito separatório critérios litológicos. Ainda, de acordo com esses autores, entende-se por Unidades Litoestratigráficas Informais rochas com informações insuficientes para serem delimitadas ou designadas de acordo com a hierarquia tratada inicialmente. Já Murphy e Salvador (1999, p.) definem as Unidades Litoestratigráficas como “corpos de rochas, acamadas ou não definidas e caracterizadas com base nas suas propriedades litológicas e suas relações estratigráficas”. De acordo com esses autores, a classificação litoestratigráfica é “a organização de corpos rochosos em unidades baseadas em suas propriedades litológicas e suas relações estratigráficas”.

As Unidades Litoestratigráficas Formais são então definidas, de acordo com Petri et al. (1986) e Araujo et al. (1998), como:

1. Supergrupo: Formado através de associações de distintos grupos que apresentam características litoestratigráficas contrastáveis;
2. Grupo: Categoria imediatamente superior à Formação. O grupo é formado por duas ou mais formações. Dentro da parte do Grupo, é possível que ocorra formações que não necessariamente compõem a área de ocorrência;
3. Formação: Unidade fundamental na nomenclatura estratigráfica formal, se caracterizando através de um corpo de rochas, identificados pelas características líticas e sua posição estratigráfica;
4. Membro: Unidade Litoestratigráfica formal que é parte da Formação, em posição subsequente a Formação, tendo que estar sempre dentro da Formação. Essa unidade, é caracterizada por apresentar aspectos litológicos próprios, podendo ser individualizados por partes adjacentes da Formação;
5. Camada: Considerado uma unidade formal, em uma menor hierarquia na nomenclatura estratigráfica;
6. Complexo: Associação de diferentes rochas de várias classes. São considerados uma junção de duas ou mais classes genéticas, apresentando estruturas altamente distintas. Os complexos como unidades litodêmicas, são comparáveis ao conceito

das suítes e supersuites. Através do avanço dos conhecimentos geológicos e estratigráficos da área, pode ocorrer um desdobramento de um complexo em unidades formais, mais bem definidas;

7. Suíte: Constituída por duas ou mais unidades de rochas metamórficas de alto grau ou ígneas intrusivas. Assim, as Suítes, podem ser classificadas como suíte intrusiva, suíte plutônica, suíte metamórfica;
8. Corpo: Rocha metamórfica de alto grau ou intrusiva.

4.2. Representação das unidades de mapeamento na cartografia geológica

Na cartografia geológica as rochas e agrupamentos de características semelhantes devem ser representados em cores semelhantes. No entanto, no mapa geológico é realizada a delimitação por meio do uso de cores que correspondem diretamente a idade e/ou período geológico de um determinado grupo de rochas, sendo esse o critério principal do mapeamento das Unidades Litoestratigráficas Formais.

4.2.1. United States Geological Survey (USGS)

O United States Geological Survey (USGS) é uma organização de ciências naturais, pertencente ao Departamento de Interior dos EUA, fundado em 1879. Segundo a USGS (2005), o padrão para mapas vem evoluído desde o primeiro conjunto de padrões, que foi publicado em 1881. O USGS (2005) vem atualizando e revisando continuamente os padrões. Essa revisão acontece de acordo com à necessidade de mostrar dados de mapas geológicos cada vez mais complexos, buscando sempre as melhores respostas de acordo com as mudanças tecnológicas.

Pouco depois de 1881 quando ocorreu a primeira publicação do conjunto de padrões, denominado por sistema de cores americano, os europeus desenvolveram o seu próprio esquema de cores, conhecido como “sistema internacional de cores” (USGS, 2005).

O USGS (2005), apresenta uma seleção de cores e padrões dos mapas, baseado nos seguintes fatores: finalidade e uso do mapa; legibilidade do mapa; aplicação de padrões de cores e padrões do USGS e convenções/ mostrar contraste e clareza das unidades do mapa e símbolos; mostrar idades ou relações etárias de unidades do mapa; correspondência ou aproximação de cores e padrões usados em mapas próximos ou adjacentes, a fim de manter consistência e continuidade de cores e padrões entre mapas em uma região; mostrar relações estruturais de unidades do mapa; custo de publicação; usar cores suficientemente claras para facilitar a legibilidade do mapa base; e enfatizar certas unidades do mapa ou símbolos.

O USGS (2005), apresenta uma explicação de quando ocorre a quebra de padrão das cores. De acordo com essa organização, o esquema de cores referente a idade é mais fácil ser

aplicado nos mapas geológicos, que não possuem distintas unidades de qualquer idade geológica.

Um problema que o USGS (2005) destaca é quando há muitas idades diferentes nos mapas. A solução proposta por esse órgão é selecionar cores que mantenham a ordem relativa de acordo com o que está representado na coluna de idade geológica, mas que se movam para cima e/ou para baixo na coluna, como ilustra a Figura 4. Por exemplo, para uma idade geológica que tenha muitas unidades, é proposto usar uma acima da idade geológica para as unidades mais novas, a cor correta para as unidades intermediarias é a cor abaixo da idade geológica para as unidades mais antigas.

O USGS (2005) coloca que, mesmo quebrando os padrões de cores, é importante manter a ordem espectral modificada das cores com o propósito de facilitar a identificação da idade relativa das unidades para o leitor desse mapa.

Figura 4 - Cores sugeridas para mapas geológicos

Geologic age	Basic color	Color combination	Selected color samples
Quaternary Q	Yellow or no color (white)	Tints of yellow (30% and 50% are best to use, except in narrow bands or very small areas) or no color (white).	 0000  0030  0050  00X0
Tertiary T	Orange, yellowish orange, tan, brown	Combinations of yellow and magenta, with proportionally more yellow than magenta.	 A130  0270  A570  16X0
Cretaceous K	Yellow green or olive green	Combinations of yellow and cyan, with proportionally more yellow than cyan; the addition of a small proportion of magenta produces olive greens.	 A030  3070  4260  63X0
Jurassic J	Green	Combinations of yellow and cyan in equal or nearly equal proportions. Note: in theory, this is the correct color for Jurassic; however, in practice it is well to lean toward the conventional "blue greens" when possible.	 3030  6060  6160  X0X0
Triassic T	Blue green	Combinations of yellow and cyan, with proportionally more cyan than yellow.	 30A0  5030  6A30  6240
Permian P	Blue	Tints of cyan; a small proportion of magenta is often needed to increase contrast.	 2000  5000  6200  62A0
Pennsylvanian P	Blue with red	Combinations of cyan and magenta, with a much higher proportion of cyan than magenta.	 3A00  3200  53A0  6400
Mississippian M	Bluish purple	Combinations of cyan and magenta, with the proportion of cyan only slightly higher than magenta.	 1100  4300  5400  6500
Devonian D	Grayish purple	Combinations of equal or nearly equal proportions of magenta and cyan plus a low proportion of yellow.	 32A0  3310  54A0  6410
Silurian S	Reddish purple	Combinations of magenta and cyan, with proportionally more magenta than cyan.	 1200  1500  3400  3620
Ordovician O	Subdued red	Light tints of magenta or combinations of a high proportion of magenta with low proportions of yellow and cyan.	 03A0  1310  2410  2630
Camrian C	Reddish brown	Combinations of magenta and yellow in equal or nearly equal proportions plus a low proportion of cyan.	 0120  1430  1660  3640
Precambrian* pC	Olive brown, olive, gray, olive blue, reddish olive	Combinations of equal or nearly equal proportions of yellow, magenta, and cyan.	 11A0  4430  1240  3560  2140  5370  3220  6430

Fonte: USGS, 2005.

4.2.2. Serviço Geológico Brasileiro (SGB)

O Serviço Geológico Brasileiro (SGB), antiga Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), é um órgão federal que é responsável pelo mapeamento geológico do território nacional. O órgão atualmente apresenta um acervo de mapas geológicos em uma plataforma chamada *Geobank* (Borges, 2015). Os mapas que o acervo contém são produzidos pela própria CPRM e com o apoio de universidades. De acordo com (Trouw, et al, 2020) o projeto PRONAGEO, é um programa implementado pela Diretoria de Geologia e Recursos Minerais, que realiza esse apoio das universidades.

O mapeamento geológico de todo território nacional é de uma escala de 1:1.000.000 (um ao milionésimo), afirma Borges (2015). Os mapeamentos realizados em uma escala maior como de 1:100.000 (um para cem mil), são disponibilizados somente para algumas partes de folhas topográficas do território brasileiro (Borges, 2015).

Segundo Borges (2015), a CPRM apresenta simbologias padronizadas às normas e padrões referentes a classificação cronológica das camadas de rochas do território nacional. Por intermédio da plataforma disponibilizada, *Geobank*, existe um arquivo chamado "Biblioteca de Fontes". Borges (2015) verificou que com o passar dos anos ocorrem diversas mudanças na nomenclatura da estratigrafia cronológica, ocasionando divergências nas siglas das unidades geológicas. Como, por exemplo, a sigla da era Pré-Cambriana, era representada pelo símbolo pC, e foi adaptada para a nomenclatura atual NP (Neoproterozoica). As siglas que foram adaptadas ocorrem por meio do arquivo presente no *Geobank* na aba "Bibliotecas de Fontes e Styles" (Borges, 2015).

4.2.3. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

A Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) segue uma padronização de nomes geográficos coordenados pela Organização das Nações Unidas – ONU, essa junção ocorreu por meio da UNGEGN (2014). Com os nomes geográficos padronizados, ocorrem benefícios para os processos de comunicação humana, podendo impedir a ambiguidade e fornecendo esclarecimentos e economia para o comércio, planejamento (SANTOS, 2008, p. 167).

Diante a definição estabelecida, a IBGE (2023) apresenta um modelo de como deve ocorrer a elaboração dos mapas geológicos. Segue um padrão já estabelecido pelo Manual Técnico de Geologia elaborado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Este órgão foi substituído pela Agência Nacional de Mineração (ANM).

Conforme a IBGE (2023), cada uma das unidades geológicas que o mapeamento

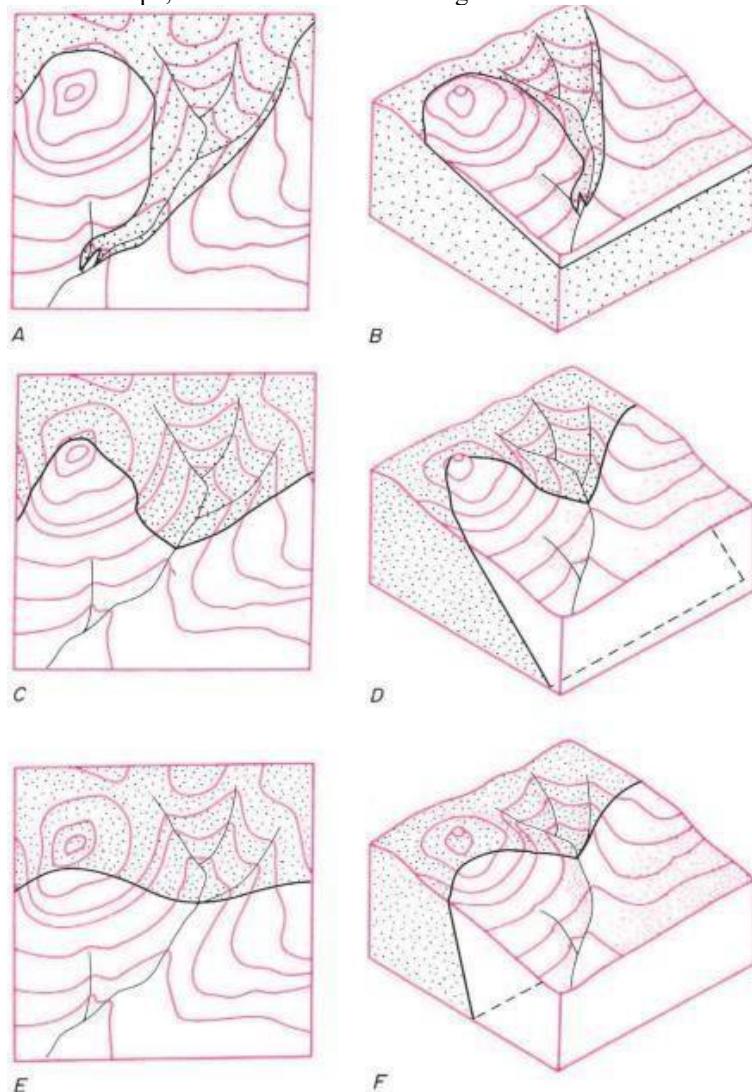
apresenta receberá uma cor que diferencie das demais unidades. Esse órgão apresenta uma alternativa para quando ocorrer situações necessárias de modificá-las. Isso ocorre porque um mapeamento pode indicar mais de uma unidade em um único intervalo de tempo, deve-se adotar os ornamentos. Sendo assim, a identificação da unidade em questão no mapa, deve estar individualizada por intermédio de cores e/ou pelos ornamentos, conforme estabelecido por acréscimos aos símbolos cronoestratigráficos correspondentes de um ou mais caracteres representados pelo nome da unidade litoestratigráfica, preferencialmente com letras minúsculas de modo que o total de caracteres somado aos símbolos litoestratigráficos e cronoestratigráficos não exceda a cinco (IBGE, 2023). De acordo com a IBGE (2023), é recomendável que quando a unidade se tratar de rochas ígneas, se interponha às duas identificações o símbolo que representa e o tipo de rocha.

4.3. Representações de estruturas geológicas

Precedentemente à leitura do mapa geológico, deve-se iniciar a compreensão acerca da representação dos contatos entre as unidades litoestratigráficas desses mapas, pois é a principal estrutura contida no documento. Essa estrutura também é denominada de contato geológico e corresponde ao plano que separa, ou limita, as unidades litoestratigráficas (Moreira, Almeida Filho e Câmara, 2002). Como indicado anteriormente, o mapa geológico é elaborado sobre um mapa topográfico (Maltman, 1990; Lisle, 2004), deste modo a representação desses contatos é fruto da intersecção do plano do contato com a topografia de uma área, expressa pelas curvas de nível.

A Figura 5 contém mapas e blocos diagramas que permitem analisar a relação entre a representação de um contato geológico em mapa, as curvas de nível e o mergulho desse contato. Assim, é possível verificar que a linha que representa o contato no mapa é influenciada pela topografia, ou as curvas de nível, e que quanto menor o mergulho desse contato, maior é essa influência (Figura 5 - A, 5 - B, 5 - C e 5 - E); de tal modo que se esse contato fosse horizontal, sem mergulho, sua linha não interceptaria as curvas de nível (Lisle, 2004). Já os contatos verticais, 90° de mergulho, seriam representadas como linhas retas.

Figura 5 - Mapas e blocos diagramas ilustrando a interação entre a representação de um contato geológico em mapa, as curvas de nível e o mergulho desse contato



Fonte: Lisle (2004)

A Figura 6 traz um recorte da legenda da Folha Arrenegado a fim de apresentar os símbolos utilizados na representação das estruturas geológicas como “anticlinal”, “sinclinal”, “falha ou zona de cisalhamento”, “clivagem”, “acamamento”, entre outras. Cada um desses símbolos contém uma descrição e um significado, que estão relacionadas às características e/ou às deformações que formaram as estruturas que as representam. É possível realizar a divisão na forma que esses símbolos ocorrem no mapa: pontual e lineares.

A exemplo da divisão indicada acima, os contatos geológicos descritos inicialmente nessa secção são pertencentes ao grupo dos símbolos lineares. Na Folha Arrenegado há três tipos de contatos geológicos “contato definido”, “contato transicional” e “contato aproximado” (Fig. 6); outro exemplo de símbolos lineares são aqueles utilizados para representar as falhas,

que também correspondem a estruturas com geometria planar, e no caso da Folha Arrenegado também são representados diferentes tipos de falhas.

Entretanto, nem todas as estruturas planares são representadas por símbolos lineares, as dobras, identificadas na Folha Arrenegado como “anticlinal normal” e “sinclinal normal”, e as foliações são representadas por símbolos pontuais (Fig. 6). As dobras correspondem a superfícies dobradas ou curvas nas rochas; enquanto as foliações são qualquer feição planar em um corpo rochoso (Passchier & Trouw, 1996).

Não serão abordados os diferentes tipos de estruturas geológicas, para tanto seria necessário adentrar no campo da Geologia Estrutural, que trata da descrição, classificação e origem desses tipos de estruturas (Weijemars, 1997; Fossen, 2010), pois esse não é o foco do trabalho.

Figura 6 - Seção "Convenções Geológicas" recortada da Folha Arrenegado

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS	
↑↓	Anticlinal normal
↓↑	Sinclinal normal
—	Falha indiscriminada
— — —	Falha ou fratura aproximada
↖↗	Falha ou zona de cisalhamento transpressional dextral
↖↖	Falha ou zona de cisalhamento transpressional sinistral
~~~~	Zona milonítica
— —	Lineamentos estruturais: traços de superfícies S
~~~~	Zona de cisalhamento compressional
— —	Acamadamento
— —	Clivagem de fratura
— —	Foliação
— —	Foliação de transposição
◆	Foliação horizontal
— —	Foliação milonítica
— —	Foliação tipo C
— —	Junta
→	Lineação B (eixo de dobra)
←→	Lineação B (eixo de dobra) horizontal
→→	Lineação de estiramento
— — —	Eixo de boudins
— — —	Contato aproximado
— — —	Contato definido
— — —	Contato transicional
■	Depósito mineral
✗	Mina Paralisada
✗	Mina em atividade
●	Ocorrência Mineral
*	Furos de Sonda
★	Pontos com geocronologia: idade máxima de sedimentação por zircão detritico - U/Pb - ICP-MS - L.A.
☒	Corpos de silexitos ferruginosos (Sxfe), cortando as unidades hospedeiras.

Fonte: Signorelli et al. (2013).

5. RESULTADOS E DISCURSSÃO LEITURA DA FOLHA ARRENEGADO

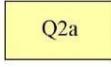
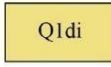
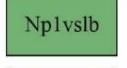
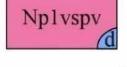
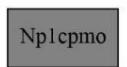
Em sequência, será realizada a leitura do Mapa Geológico da Folha Arrenegado, produzido por Signorelli et al. (2013) em escala 1:100.000. Conceitos acerca das Unidades Litoestratigráficas discutidos anteriormente devem ser considerados em sequência, uma vez

que o Mapa Geológico apresenta delimitações e representações acerca desses. Deste modo, recomenda-se a leitura deste capítulo acompanhado do Anexo A.

5.1. Unidades geológicas da Folha Arrenegado

As Unidades Geológicas presentes na Folha Arrenegado (Signorelli et al., 2013), compreendem rochas que vão do Período Neoproterozoico ao Cenozoico (Figura 7) compreendendo um período de cerca de 1 bilhão de anos. A Unidade mais antiga, presente na área, é o Grupo Canastra, seguido do Grupo Vazante e então Grupo Bambuí, sendo estes grupos compreendidos entre o Domínio Externo da Faixa de Dobramentos Brasília (Grupo Canastra) e Domínio Cratônico (grupos Vazante e Bambuí). A era Mesozoica, mais precisamente no Período do Cretáceo Superior ocorre o Grupo Areado, formado entre 145 e 100 Ma AP (Figura 8) e pertencente à Bacia Sanfranciscana. O Cenozoico é representado por depósitos sedimentares consolidados e solos, formados entre o Neógeno Superior e o Quaternário Superior (Holoceno), em um intervalo entre 2,6 Ma e 100 mil anos AP (Figura 9).

Figura 7 - Representação das unidades geológicas da Folha Arrenegado.

CENOZÓICO		NEOPROTEROZÓICO	
	Q2a	Depósito aluviais	GRUPO VAZANTE
	Q1di	Coberturas detriticas indiferenciadas	FORMAÇÃO SERRA DA LAPA
	Ndl	Coberturas eluvionares detrito-lateríticas	 Np1vslb Unidade B
MESOZÓICO		FORMAÇÃO SERRA DO POÇO VERDE	
GRUPO AREADO FORMAÇÃO TRÊS BARRAS			Np1vspv
	K1atb	FORMAÇÃO SERRA DO GARROTE	
NEOPROTEROZÓICO			Np1vsgsa Membro Serra do Andrequicé
GRUPO BAMBÚI FORMAÇÃO SERRA DA SAUDADE			Np1vsgs Membro Sumidouro
	Np3sd	GRUPO CANASTRA FORMAÇÃO PARACATU	
			Np1cpsa Membro Serra da Anta
			Np1cpmo Membro Morro do Ouro

Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

Figura 8 - Representação da unidade geológica, presente no período cretáceo

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	IDADE (MA)	BACIA SANFRANCISCANA
MESOZÓICO	CRETÁCEO	CRETÁCEO INFERIOR	100,5Ma 145Ma	Grupo Areado K1atb
MESOZÓICO	GRUPO AREADO FORMAÇÃO TRÊS BARRAS			K1atb Arenitos róseos a bege, esbranquiçados e cinza claros, de granulometria fina a grossa, maciços, estratificados, com estratificação cruzada de médio a grande porte.

Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

Figura 9 - Representação da unidade geológica, presente na era cenozoico

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	IDADE (MA)	CONTINENTE
CENOZOÍCO	QUATERNÁRIO	HOLOCENO	0,01Ma	Q2a
		PLEISTOCENO		Q1di
	NEÓGENO	PLIOCENO	2,58Ma 5,33Ma	Ndl

CENOZOÍCO

Q2a Depósitos aluviais: Sedimentos inconsolidados de natureza arenosa, areno-argilosa, argilo-síltica contendo, localmente, seixos e matacões.

Q1di Coberturas detriticas indiferenciadas: Sedimentos arenosos, areno-argilosos e argilo-sílticos inconsolidados, localmente com ocorrência de canga e níveis de cascalho. Cotas entre 700 a 950m

Ndl Coberturas eluvionares detrito-lateríticas: Latossolos, sedimentos argilo-sílticos vermelho escuros com concreções ferruginosas e níveis de cascalho. Cotas entre 950 a 1300m.

Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

Como visto anteriormente, existem órgãos responsáveis pela padronização de mapas geológicos. O USGS utiliza um esquema conhecido como "sistema internacional de cores" para a padronização dos mapas. A padronização de cores, é mais fácil em mapas geológicos que com

unidades com idades geológicas próximas. Na folha Arrenegado é possível identificar a padronização das cores, com cores de tonalidades parecidas para cada grupo.

As Unidades na Folha Arrenegado são representadas por letras que unem siglas do Período + nome do Grupo + nome da Formação + nome do Membro. Como exemplo: NP1cpmo, sendo NP = Neoproterozóico, c = Canastra (Grupo), p = Paracatu (Formação), mo = Morro do Ouro (Membro). A utilização das simbologias na folha, segue o padrão da SGB, visando manter a classificação de cronologia das rochas, como observado na Figura 7.

O Grupo Canastra na Folha Arrenegado é representado pela Formação Paracatu, que é constituída por filitos com intercalações de sericita filitos e quartzitos do Membro Morro do Ouro, e sericita filitos intercalados com quartzitos e filitos do Membro Serra da Anta. Ambos os membros são representados no mapa por cores cinza escuro e código NP1cpmo, e cinza claro com código NP1cpsa, respectivamente (Figura 10).

Figura 10 - Representação do Grupo Canastra

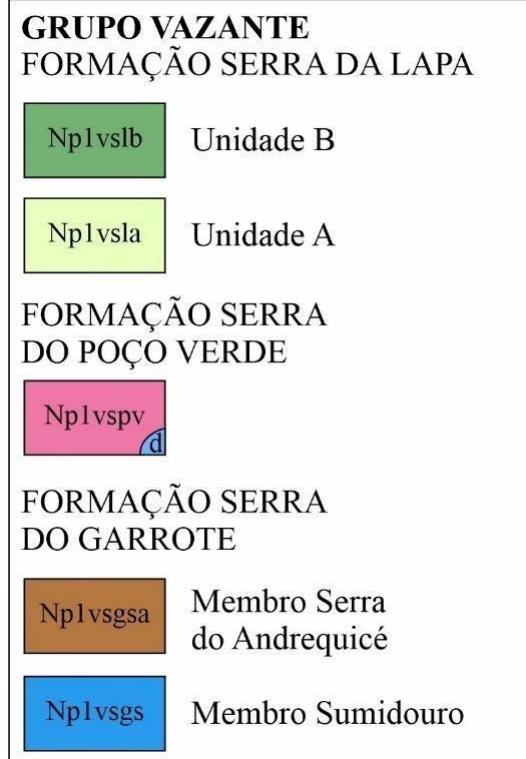
GRUPO CANASTRA FORMAÇÃO PARACATU	
Np1cpsa	Membro Serra da Anta
Np1cpmo	Membro Morro do Ouro

Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

O Grupo Vazante é dividido em três formações, sendo Serra do Garrote a mais antiga, compreendendo calcários dolomíticos com ocorrência de estromatólitos do Membro Sumidouro, e siltitos, argilitos e arenito/quartzito do Membro Serra do Andrequicé, representados respectivamente pelas cores azul com código (NP1vsgs) e marrom com código (NP1vsgsa) (Figura 11). A Formação Serra do Poço Verde é intermediária desse Grupo, composta por intercalações de argilitos/siltitos representados em cor rosa no mapa, e dolomitos com ocorrência de estromatólitos em cor azul, sendo ambas litologias de código NP1vspv (Figura 11).

A parte estratigraficamente superior do Grupo Vazante é composta pela Formação Serra da Lapa, que é dividida na Unidade A constituída por siltitos com intercalações de filitos, calcários, margas e argilitos, representada pela cor verde clara e código NP1vslla, e Unidade B constituída por lentes de arenitos/quartzitos com intercalações de siltitos, filitos, calcários, margas e argilitos, representada por cor verde escura e código NP1vsllb (Figura 11).

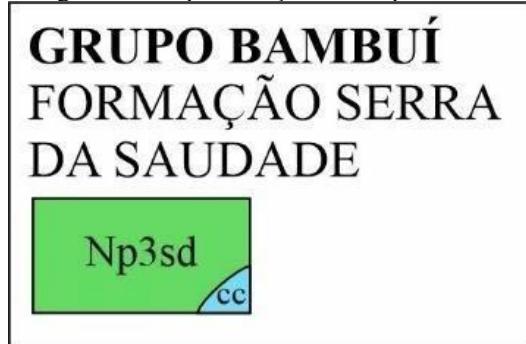
Figura 11 - Representação do Grupo Vazante



Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

O Grupo Bambuí é representado na área pela Formação Serra da Saudade, constituída por siltitos e argilitos verdes (verdetes) e níveis de arenitos, retratados no mapa em cor verde primavera com código NP3sd e calcários em cor azul clara com código NP3sdcc (Figura 12).

Figura 12 - Representação do Grupo Bambuí.



Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

O Grupo Areado é representado no local pela Formação Três Barras que é constituída por arenitos, retratados em cor verde água e código K1atb (Figura 13).

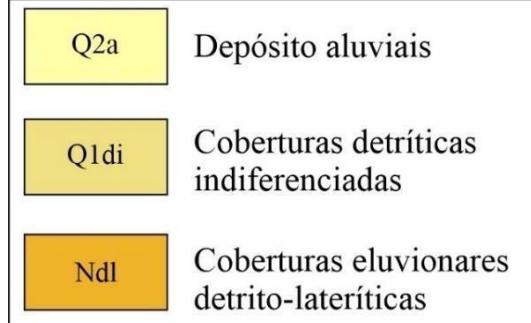
Figura 13 - Representação do Grupo Areado.



Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

As Unidades cenozoicas são retratadas no mapa por cores bege alaranjadas a amareladas, sendo coberturas eluvionares detrito-lateríticas (Ndl), coberturas detriticas indiferenciadas (Q1di) e depósitos aluviais (Q2a) (Figura 14).

Figura 14 - Representação das coberturas e depósitos.



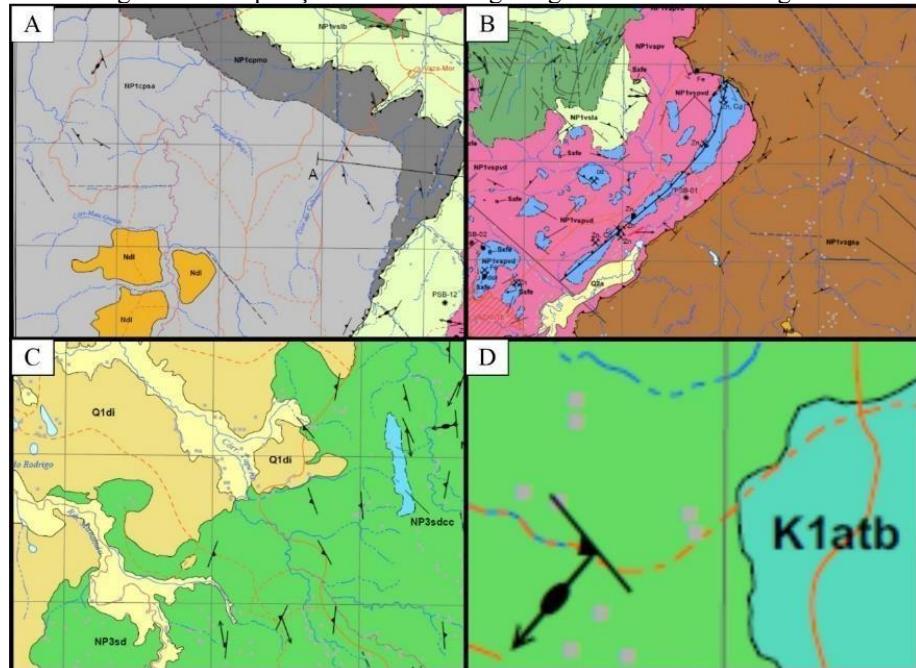
Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

5.1.2. Ocorrência das unidades geológicas na Folha Arrenegado

A ocorrência das Unidades Geológicas pode ser apresentada da esquerda para direita, ou de oeste para leste (Figura 15). As áreas onde essas rochas são pontuadas no mapa indicam locais onde afloram, ou seja, podem ser observadas em superfície. Inicia-se então pelo Grupo Canastra, sendo primeiro retratado o Membro Serra da Anta em conjunto ao Membro Morro do Ouro (Figura 15 – A). Logo a direita do Grupo Canastra, cerca de um terço da Folha em sua parte inferior é representada pelo Grupo Vazante, sendo respectivamente, de oeste para leste as unidades A, B e as formações Serra do Poço Verde e por fim, Serra do Garrote (Figura 15 – B). No restante da área são coberturas detriticas indiferenciadas com afloramentos locais da Formação Serra da Saudade do Grupo Bambuí (Figura 15 – C), e no extremo sudeste uma

pequena ocorrência de arenitos da Formação Três Barras, Grupo Areado da Bacia Sanfranciscana (Figura 15 – D).

Figura 15 - Disposição das Unidades geológicas da Folha Arrenegado.



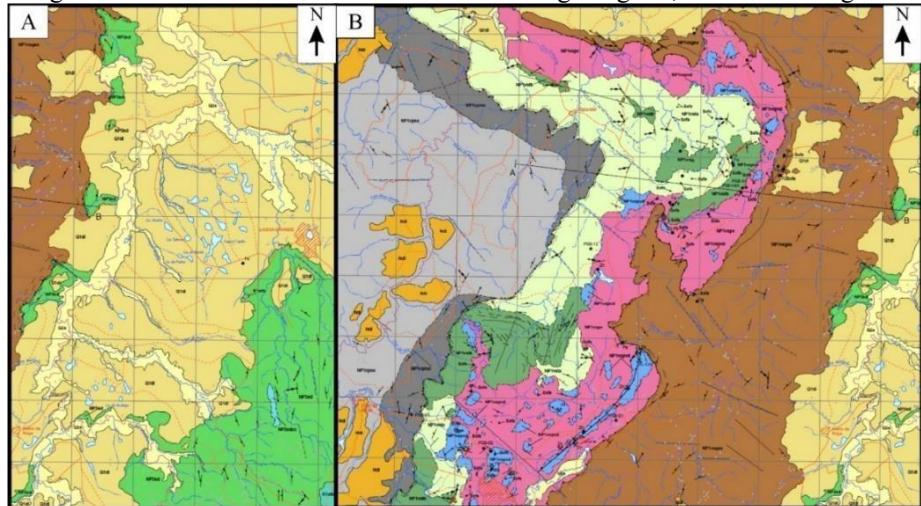
Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

5.1.3. Contatos das Unidades Litoestratigráficas

Em uma primeira aproximação, podem ser distinguidas unidades que seguem um contato curvo e/ou dobrado e unidades que não obedecem a um padrão de contato entre si. As unidades que não obedecem a um padrão de contato são Grupo Bambuí, Grupo Areado e depósitos Cenozóicos (Figura 16 – A). As litologias pertencentes aos grupos Canastra e Vazante obedecem a uma direção de camadas NE-SW e N-S em comum (Figura 16 – B). Essas mudanças no direcionamento das camadas e contato entre essas representam uma dobra.

Os contatos são delimitados por linhas, hora contínuas, hora tracejadas e hora contínuas dentadas entre diferentes formações e membros. As legendas dessas linhas podem ser lidas na parte esquerda inferior da Folha, no tópico de Convenções Geológicas. As linhas contínuas dentadas significam “zona de cisalhamento compressional”, enquanto linhas e linhas contínuas representam, respectivamente, contato aproximado e contato definido.

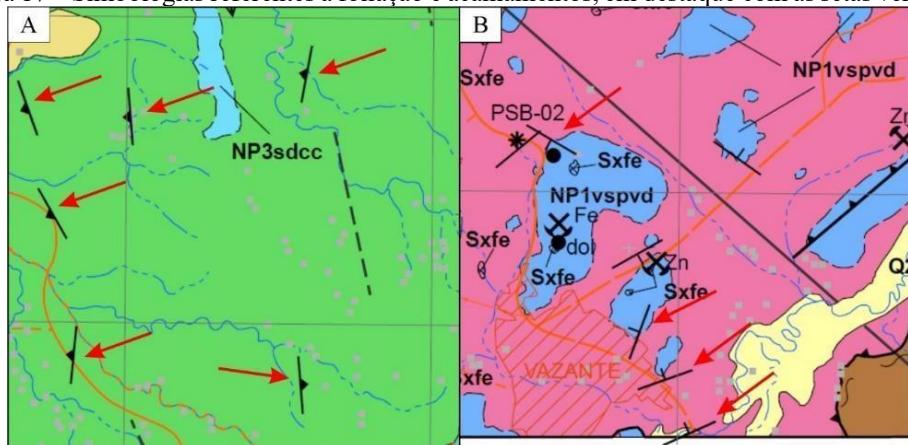
Figura 16 – Padrões de contatos entre as unidades geológicas, da folha arrenegado.



Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

As simbologias referentes à foliação (Figura 17 – A) e acamamento (Figura 17 – B) apresentam o maior traço indicando a direção da camada, comumente em direção NW-SE, N-S e NE-SW, e o menor traço indica o sentido de mergulho.

Figura 17 – Simbologias referentes a foliação e acamamentos, em destaque com as setas vermelha.



Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

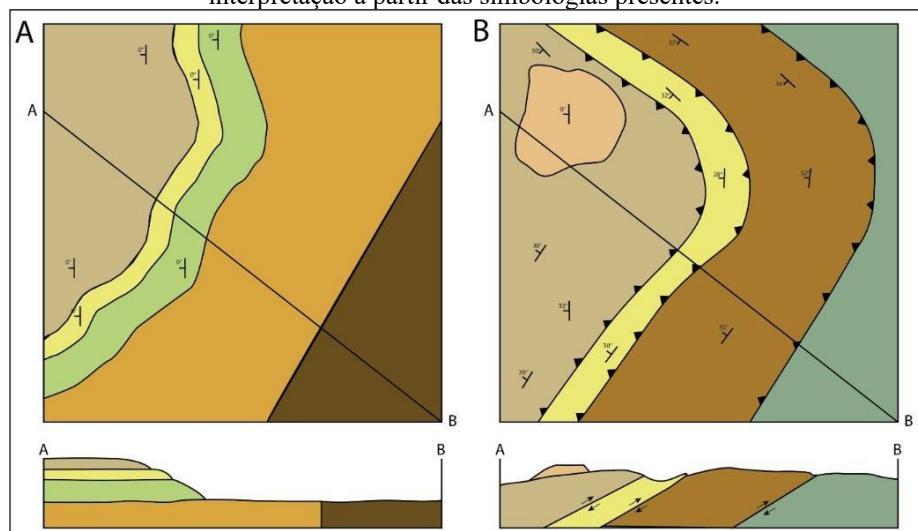
5.1.4. Uso do Mapa

Como demonstrado na seção anterior e exemplificado na Figura 18, contatos que acompanham as curvas de nível e não às intersectam, indicam ausência de mergulho das camadas, ou rochas. Em mapas geológicos, pode ser inferido se as camadas possuem mergulho, ou não, como exemplificado na Figura 18, sendo: a) o primeiro onde não há mergulho das

camadas; e o b) segundo onde as unidades geológicas têm mergulho e o contato entre elas é marcado delimitado por falhas de empurrão (linha dentada).

Camadas curvadas em mapa, também podem indicar a presença de dobras. Outra feição que também é indicativa de dobras em um mapa, é a mudança na direção do acamamento, ou foliação, onde a direção da camada pode alternar a diferentes quadrantes, a exemplo de NE para NW, como ilustra a Figura 18 B.

Figura 18 - Exemplificação acerca da disposição de camadas e/ou unidades geológicas de acordo com a interpretação a partir das simbologias presentes.

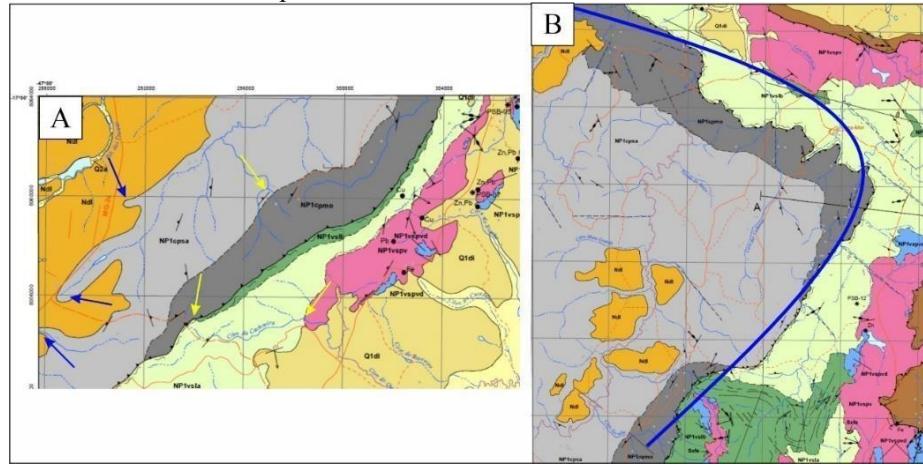


Fonte: Elaborado pela autora.

Na Folha Arrenegado os padrões descritos acima podem ser observados nas unidades cenozoicas, onde os seus contatos acompanham o padrão das drenagens (Fig. 19A, setas azuis), que é um reflexo direto da topografia, indicando contatos horizontais; já nas unidades neoproterozoicas não ocorre essa relação da topografia com os contatos, indicando contatos com mergulhos (Fig. 19A, setas amarelas); e por fim na parte central do mapa verifica-se um contato curvo que poderia indicar uma dobra (Fig. 19B).

A direção das camadas e o seu mergulho podem fornecer informações sobre a direção dos esforços tectônicos que atuaram sobre as rochas que constituem as formações ou grupos; esses mesmos esforços podem empurrar as rochas mais antigas sobre as rochas mais novas, na forma de lascas tectônicas. Essa interpretação pode ser aplicada para a Folha Arrenegado, em que possível verificar que o Grupo Canastra está sobre o Grupo Vazante, e o Grupo Vazante está sob o Grupo Bambuí. Vale lembrar que a organização das Unidades Geológicas na Legenda é de acordo com a Relações Tectono-Estratigráficas apresentadas, que sempre é construída com as rochas mais antigas na base, e as rochas/unidades mais novas no topo.

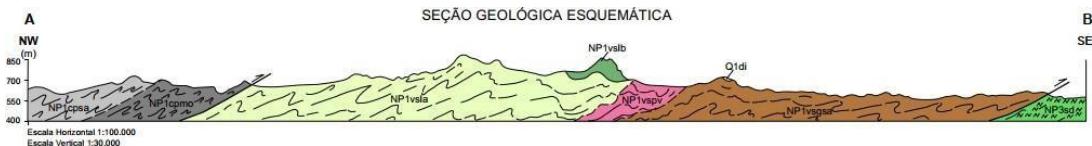
Figura 19 – A) Setas azuis indicando contatos que acompanham a forma das drenagens; setas amarelas indicando contatos que não controlados pela drenagem. B) Linha curva azul indicando o padrão geral de contato possivelmente associados a dobras



Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

Outro fator que corrobora para interpretação acima é que o limite entre esses grupos é marcado por zonas de cisalhamento que são estruturas que podem formadas nesses empurrões; também pode ser corroborada pela Seção Geológica Esquemática (Figura 20), que mostra em perfil a relação de contato entre essas camadas.

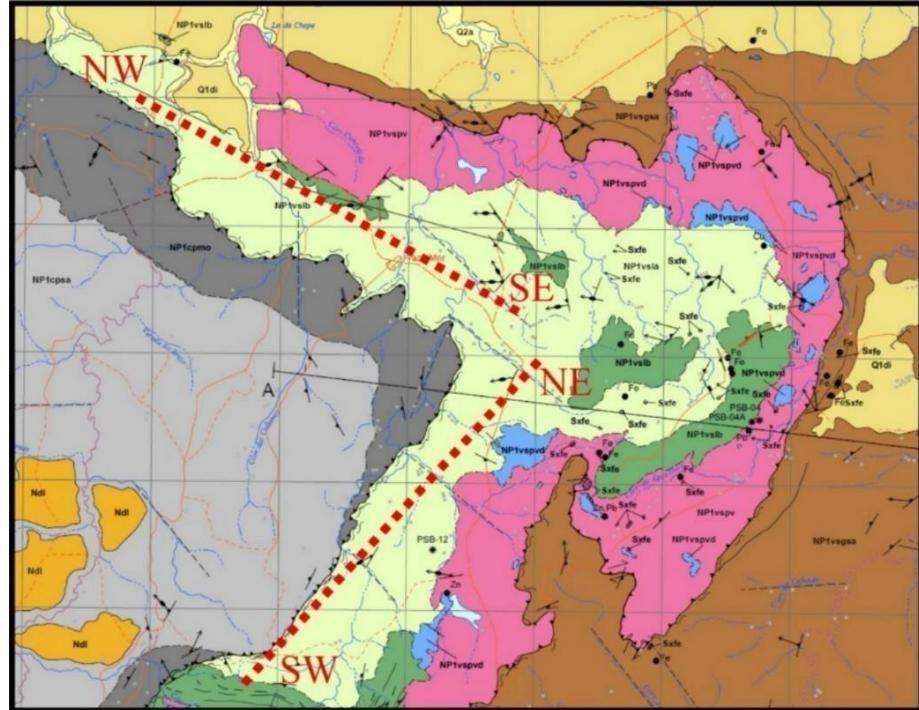
Figura 20 - Seção Geológica Esquemática da Folha Arrenegado.



Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

Ainda, é perceptível que na parte superior do mapa as unidades abordadas acima afinam em relação à espessura exposta e tendem a mudar novamente o direcionamento da camada de NW-SE para NE-SW, formando uma segunda dobra e dando um aspecto de S às rochas do Grupo Canastra e Vazante (Figura 21). A unidade na qual menos responde a essa mudança de padrão são os Depósitos Cenozoicos, e isso indica que a deformação tectônica é mais antiga e possivelmente contemporânea à formação das unidades Neoproterozoicas. É notável que simbologias referentes às dobras estão sobre as unidades A e B do Grupo Vazante, enquanto o restante predomina falhas e fraturas. Assim, as formações Paracatu, Serra do Garrote e Serra do Poço verde são mais resistente à deformação tectônica e possivelmente de comportamento rúptil, enquanto as demais tendem a apresentar comportamento rúptil-dúctil.

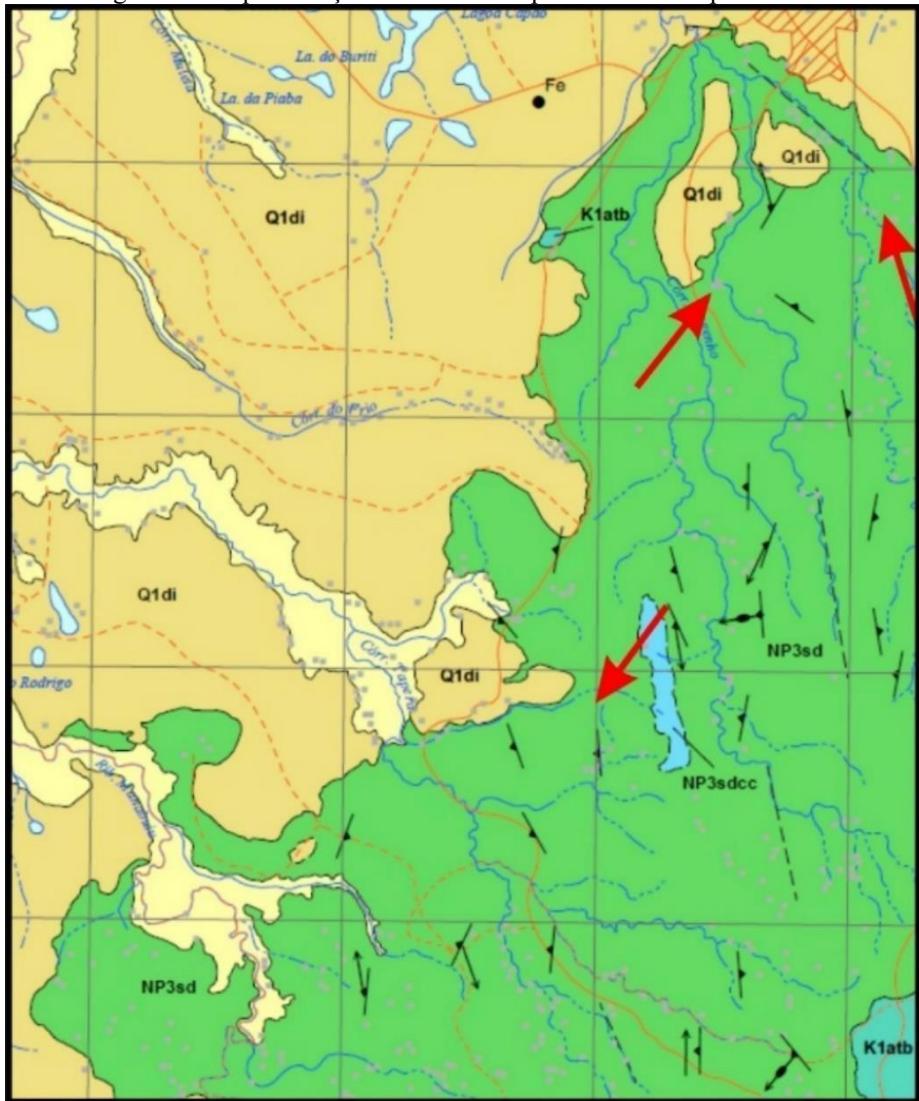
Figura 21 - Representação do direcionamento das camadas de NW-SE para NE-SW, indicadas pelas linhas pontilhadas (em vermelho).



Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

O Grupo Bambuí recobre as porções sudeste e centro leste da área (ocorrências isoladas), e transita para coberturas detríticas indiferenciadas, na qual, em seu interior, ostenta depósitos aluviais em vales (Figura 22). O Grupo Bambuí é a unidade Neoproterozoica que apesar de ser a mais recente, a julgar pelo contato com a unidade marrom e pelo aspecto de ter sido exumada, foi recoberta posteriormente por sedimentos recentes. Na Figura 22, as coberturas detríticas indiferenciadas, desse grupo, estão indicadas através de setas vermelhas.

Figura 22 - Representação das coberturas presentes no Grupo Bambuí.



Fonte: Adaptado de Signorelli et al. (2013).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Á análise realizada neste trabalho permitiu compreender a importância da leitura e da identificação de mapas geológicos como etapas fundamentais na comunicação e na representação das informações geológicas. O estudo do mapa da Folha SE.23-V-VI Arrenegado, elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), possibilitou avaliar a coerência, a padronização e a clareza das convenções gráficas utilizadas, bem como os desafios que envolvem a interpretação de representações complexas em documentos técnicos.

Os resultados reforçam que o mapa geológico é uma forma de linguagem técnica e simbólica, cuja correta leitura exige do usuário não apenas conhecimento geológico, mas também domínio da linguagem cartográfica. Essa competência depende fortemente da formação acadêmica e da prática desenvolvida ao longo do curso de Geologia, especialmente

nas disciplinas voltadas ao mapeamento e à comunicação visual da informação geocientífica.

Ressalta-se que o presente trabalho constitui uma análise preliminar, voltada principalmente à observação dos aspectos cartográficos e à identificação dos elementos que influenciam a clareza e a legibilidade das observações representadas. Estudos futuros poderão ampliar a abordagem aqui desenvolvida, incorporando análise quantitativas e comparativas entre diferentes folhas geológicas e padrões simbólicos.

Por fim, destaca-se que a cartografia geológica, ao integrar ciência, técnica e linguagem, representa um dos pilares da atuação profissional do geólogo. O aprimoramento contínuo das metodologias de ensino e das convenções cartográficas, contribui diretamente para a formação de profissionais mais capacitados, conscientes e capazes de interpretar e comunicar com precisão a complexidade da Terra.

REFERÊNCIAS

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. **Mapa Geológico da Folha SE.23-V-VI Arrenegado.** Escala 1:100.000. Serviço Geológico do Brasil, 2010.

DENT, B. D. **Cartography: thematic map design.** 5. ed. Boston: McGraw-Hill, 1999.

FOSSEN, H. **Structural Geology.** Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

GARBIN, A. P. D.; SANTIL, F. L. P. **Representações cartográficas e o ensino de cartografia: uma análise semiótica.** *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72, n. 2, p. 457–475, 2020.

GARBIN, A. P. D.; SANTIL, F. L. P.; CUNHA, M. A. **A semiótica na cartografia: a comunicação dos signos cartográficos.** *Revista da ANPEGE*, v. 8, n. 10, p. 1–15, 2012.

NÖTH, W. **A semiótica do mapa e o mapa da semiótica.** In: *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 60, p. 9–23, 2008.

OLIVEIRA, M. F. de. **Introdução à cartografia geológica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

PASSCHIER, C. W.; TROUW, R. A. J. **Microtectonics.** Berlin: Springer-Verlag, 1996.

SANTAELLA, L. **A teoria geral dos signos: como as linguagens significam as coisas.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 1998.

SIMIELI, M. E. **A comunicação cartográfica e a percepção do espaço.** São Paulo: Contexto, 2010.

SLOCUM, T. A. **Thematic cartography and visualization.** 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999.

THOMAS, M. F. **Geomorphology and land management in a changing environment.** Chichester: Wiley, 2004.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **Geologic Map Symbolization**. Reston, Virginia: USGS, 2006.

WALLACE, R. E. **The role of geology in engineering practice**. *Engineering Geology*, v. 9, n. 2, p. 93–104, 1975.

ZIGANTE, M. A.; SANTIL, F. L. P. **A cartografia sob o olhar da semiótica: uma reflexão sobre o signo cartográfico**. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 73, n. 1, p. 133–152, 2021.

ANEXO - A

