



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCÊNCIAS
CURSO DE GEOLOGIA**

TAÍLA CRÍSTIA SOUZA SANT'ANA

**REINTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA E ESTRUTURAL
DA REGIÃO DO VALE DO CURAÇÁ USANDO
DADOS GEOFÍSICOS E GEOLÓGICOS**

**Salvador
2020**

TAÍLA CRÍSTIA SOUZA SANT'ANA

**REINTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA E ESTRUTURAL
DA REGIÃO DO VALE DO CURAÇÁ USANDO
DADOS GEOFÍSICOS E GEOLÓGICOS**

Monografia apresentada ao Curso de Geologia,
Instituto de Geociências, Universidade Federal
da Bahia como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Geologia

Orientadora: Profa. Dra. Jailma Santos de Souza
de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Edson Emanuel Starteri
Sampaio

**Salvador
2020**

TERMO DE APROVAÇÃO

TAÍLA CRÍSTIA SOUZA SANT'ANA

**REINTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA E ESTRUTURAL
DA REGIÃO DO VALE DO CURAÇÁ USANDO
DADOS GEOFÍSICOS E GEOLÓGICOS**

Trabalho final de graduação aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em geologia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

1º Examinador – Profa. Dra. Jailma Santos de Souza de Oliveira – Orientadora
Universidade Federal da Bahia

2º Examinador – Prof. MSc. Andre Azevedo Klumb Oliveira
Universidade Federal da Bahia

3º Examinador – MSc. Vitor Bandeira Martins Matos
Mineração Caraíba S.A.

Salvador, 27 de Novembro de 2020

À minha família, com muito carinho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e à Nossa Senhora por abençoarem e guiarem o meu caminho.

Agradeço imensamente aos meus pais Lindalva e Vêritas por expressarem tanto amor na forma de apoio, incentivo, compreensão e amparo.

Agradeço aos meus irmãos Tarcísio e Taiane, ao meu avô Pedro Defensor, minha avó Mucinha e muitos outros familiares e amigos que, de diferentes formas, também fizeram parte dessa caminhada.

Agradeço ao meu namorado Peterson por estar ao meu lado em todos os momentos e por contribuir de inúmeras formas para essa realização.

Um agradecimento especial à minha orientadora Prof. Jailma e ao meu coorientador Prof. Edson Sampaio por aceitarem me orientar nessa jornada e por toda disponibilidade, compreensão e contribuição.

Sou muito grata ainda a todos os professores, colegas, monitores, tirocinistas e funcionários do Instituto de Geociências da UFBA que, direta ou indiretamente, estiveram envolvidos nessa etapa da minha vida.

RESUMO

O Vale do Rio Curaçá, situado na porção norte do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá no estado da Bahia, é composto basicamente por unidades geológicas de alto grau metamórfico arqueanas e paleoproterozoicas possuindo uma complexidade estrutural acentuada, além de inúmeros corpos intrusivos sin a tardi-tectônicos. Essa área exibe potencial econômico expressivo associado à Província Cuprífera homônima, tendo em vista as mineralizações hospedadas em inúmeros corpos máfico-ultramáficos. Na literatura científica, diversos estudos têm empregado dados geológicos e geofísicos para o reconhecimento e a caracterização dessa área e das mineralizações associadas. Dada a importância econômica e social vinculada à atividade exploratória na região, são de grande relevância pesquisas científicas que envolvam a interpretação e correlação entre esses dados fundamentalmente distintos para ampliar e aprimorar o conhecimento geocientífico. Sendo assim, esse trabalho propõe a análise e interpretação qualitativa individual e integrada de mapas aerogeofísicos do Vale do Rio Curaçá, com o objetivo principal da reinterpretação geológica e estrutural da área. Nesse sentido, foram empregados os mapas aeromagnéticos de Campo Magnético Total (CMT), Amplitude do Sinal Analítico (ASA) e Primeira Derivada Vertical (PDV) e os mapas aerogamaespectrométricos Ternário RGB, Contagem Radiométrica Total (CT), canais individuais U (ppm), Th (ppm), K (%) e mapas de razões U/Th, Th/K e U/K, além do auxílio do mapa de declividade e do modelo digital de terreno (MDT) da área. A análise e interpretação integrada desses dados resultaram na delimitação de zonas magnéticas e domínios radiométricos, caracterizados de acordo com similaridades das propriedades de susceptibilidade magnética e assinatura radioativa das rochas, tendo como base o mapa geológico e estrutural da área. As discussões englobaram análises mais focadas nas relações e disposições dos lineamentos magnéticos interpretados, além da caracterização radiométrica, magnética e estrutural da distribuição das ocorrências e depósitos cupríferos, levando em conta aspectos da história evolutiva do Vale do Rio Curaçá. Os resultados evidenciaram um cenário de intensa atividade radiométrica na área, principalmente em função dos conteúdos anômalos de tório e potássio, os quais apresentam-se frequentemente associados a ocorrências de cobre. Por sua vez, a assinatura magnética regional é marcada por amplitude consideravelmente variável e predomínio dos *trends* estruturais NE-SW e N-S. Os depósitos de cobre do segmento sul (Sussuarana, Caraíba e R22) exibem expressiva resposta magnética e anomalias positivas de K, Th e U, enquanto os depósitos de Surubim e Vermelhos, respectivamente nas porções central e norte, apresentam potassificação mais branda e assinatura magnética moderada.

Palavras-chave: Aerogeofísica. Província Cuprífera. Vale do Curaçá.

ABSTRACT

The Curaçá Valley, located in the northern portion of the Itabuna-Salvador-Curaçá Orogen in the state of Bahia, is basically composed of high-archean and paleoproterozoic metamorphic geological units and has a marked structural complexity, in addition to numerous syn and post-tectonics intrusive bodies. This area exhibits significant economic potential associated with the homonymous Cupriferous Province, concerning mineralizations hosted in numerous mafic-ultramafic bodies. In scientific literature, several studies have used geological and geophysical data for the recognition and characterization of this area and associated mineralizations. Given the economic and social importance linked to exploratory activity in this region, scientific research involving the interpretation and correlation between these fundamentally different data to expand and improve geoscientific knowledge is of great relevance. Therefore, this work proposes an individual and integrated qualitative analysis and interpretation of aerogeophysical maps of the Curaçá Valley with the main objective of the geological and structural reinterpretation. In this sense, we have employed aeromagnetic maps of Total Magnetic Field, Analytical Signal Amplitude and First Vertical Derivative and aerogamaspectrometric maps of Ternary RGB, Total Count, U (ppm), Th (ppm), K (%) channels and U/Th, Th/K, and U/K ratios, with the aid of the slope map and the digital terrain model of the area. The integrated analysis and interpretation of these data resulted in the delimitation of magnetic zones and radiometric domains, characterized according to similarities in the properties of magnetic susceptibility and radioactive signature of the rocks, based on the geological and structural map of the area. The discussions included an analysis more focused on the relations and dispositions of the interpreted magnetic lineaments, in addition to the radiometric, magnetic, and structural characterization of the cupriferous occurrences and deposits, taking into account aspects of the evolutionary history of the Curaçá Valley. The results showed a scenario of intense radiometric activity in the area, mainly due to the anomalous contents of Th and K, which are frequently associated with copper mineral occurrences. In turn, the regional magnetic signature is characterized by a considerably variable amplitude and a predominance of structural trends NE-SW and N-S. The copper deposits in the southern segment (Sussuarana, Caraíba and R22) exhibit an expressive magnetic response and positive anomalies of K, Th and U, while the Surubim and Vermelhos deposits, respectively in the central and northern portions, show weaker potassium alteration and moderate magnetic signature.

Keywords: Aerogeophysics. Cupriferous Province. Curaçá Valley

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Base cartográfica IBGE (2020).....	11
Figura 2. Mapa geológico do segmento norte do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá, com destaque para a área de estudo, no Vale do Rio Curaçá. Modificado de Teixeira et al. (2010)....	22
Figura 3. Mapa geológico do Vale do Rio Curaçá com os principais litotipos e estruturas, bem como ocorrências e depósitos de cobre. Modificado de Gomes (1998), Kosin et al. (2004) e Teixeira et al. (2010).....	23
Figura 4. Mapas aeroradiométricos da região do Vale do Rio Curaçá: (a) K (%); (b) Th (ppm); (c) U (ppm).....	28
Figura 5. a) Modelo digital de terreno (MDT) e (b) mapa de declividade da região do Vale do Rio Curaçá.....	29
Figura 6. Mapas aeroradiométricos da região do Vale do Rio Curaçá: (a) Ternário RGB; (b) Contagem total (CT).....	30
Figura 7. Mapas aeroradiométricos da região do Vale do Rio Curaçá: (a) Razão U/Th; (b) Razão Th/K; (c) Razão U/K.....	31
Figura 8. (a) Mapa de domínios radiométricos interpretados da região do Vale do Rio Curaçá e (b) delimitação dos domínios radiométricos sobre o mapa ternário RGB.....	32
Figura 9. Mapas aeromagnéticos da região do Vale do Rio Curaçá: (a) Campo magnético total (CMT); (b) Primeira derivada vertical (PDV); (c) Amplitude do sinal analítico (ASA).....	34
Figura 10. (a) Mapa de zonas magnéticas interpretadas da região do Vale do Rio Curaçá e (b) delimitação das zonas magnéticas sobre o mapa CMT.....	35
Figura 11. Mapa de lineamentos magnéticos interpretados, alguns dos quais identificados como estruturas já conhecidas do Vale do Rio Curaçá.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação dos minerais radioativos mais comuns e seus modos de ocorrência. Adaptado de Kearey et al. (2009).....	14
Tabela 2. Susceptibilidade magnética de rochas e minerais. Adaptado de Dentith e Mudge (2014).....	16

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL.....	10
CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE.....	13
2.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DOS MÉTODOS RADIOMÉTRICO E MAGNÉTICO.....	14
2.2. ESTUDOS GEOFÍSICOS NO VALE DO RIO CURAÇÁ.....	17
2.3. DEPÓSITOS DO TIPO IOCG (IRON OXIDE-COPPER GOLD).....	18
CAPÍTULO 3 - ARTIGO.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
ANEXO A- REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA.....	52

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

Desde o surgimento relativamente recente da Geofísica como ciência, os diversos métodos geofísicos têm sido empregados como poderosas ferramentas de auxílio a mapeamentos geológicos. Por meio de técnicas indiretas baseadas em contrastes de propriedades das rochas, tais métodos possibilitam o entendimento da geologia e estruturas em subsuperfície, minimizando a necessidade de métodos diretos mais custosos, como, por exemplo, as sondagens.

A região do Vale do Curaçá (Bahia) engloba uma importante Província Cuprífera associada a corpos intrusivos máfico-ultramáficos mineralizados, que, por muitos anos, tem sido alvo de diversos estudos geocientíficos. Uma melhor compreensão geológica e estrutural dessa área por meio de métodos geofísicos pode subsidiar interpretações importantes acerca do comportamento e da disposição das mineralizações de cobre. Nesse sentido, além da relevância atribuída ao mérito científico da pesquisa, ressalta-se a importância do ponto de vista econômico-exploratório, considerando a proposta da integração geofísico-geológica na área.

O foco central dessa pesquisa científica é a interpretação de dados geofísicos magnéticos e gamaespectrométricos de levantamentos aéreos da região do Vale do Curaçá com o propósito de melhor compreender a geologia regional e estrutural da área sob essa nova perspectiva. Nesse sentido, tanto a assinatura radioativa quanto os modelos de susceptibilidade magnética dos minerais e rochas possibilitam contrastes que são correlacionáveis aos aspectos geológicos e estruturais da área em tela.

Por sua vez, os objetivos específicos associados com o desenvolvimento dessa pesquisa contemplam:

- Levantamento bibliográfico das principais referências no âmbito de estudos geofísicos, geológicos e estruturais no Vale do Curaçá (Bahia);
- Busca e, quando necessário, tratamento de dados geofísicos, geológicos e topográficos disponíveis em fontes de acesso público.
- Interpretação qualitativa dos mapas, tendo em vista a correlação com a geologia, seguida pela delimitação de domínios radiométricos e zonas magnéticas.
- Discussão integrada dos resultados e avaliação da distribuição e disposição das mineralizações cupríferas em relação ao contexto radiométrico, magnético e estrutural.

Em geral, os dados geofísicos e os modelos estimados a partir deles têm a capacidade de fornecer informações espacialmente contínuas e amplas das unidades geológicas em subsuperfície. Sendo assim, considerando a natureza habitualmente pontual dos dados geológicos, uma fundamental importância desse estudo é a possibilidade de interpolação das informações geológicas e definição de limites de unidades litológicas com base na resposta

geofísica em subsuperfície. A correlação entre dados geofísicos de princípios físicos distintos tem o potencial de aprimorar o mapa geológico da área por acrescentar informações indiretas da subsuperfície que não foram consideradas previamente durante o mapeamento.

É importante ressaltar que o entendimento do comportamento geofísico das ocorrências e depósitos cupríferos conhecidos viabiliza a avaliação da existência de outras áreas mineralizadas na região. Ademais, esse estudo tem o potencial de contribuir com futuros prospectos minerais em ambientes geológicos análogos, já que a abordagem proposta busca fornecer uma melhor compreensão da complexa história evolutiva e deformacional do Vale do Rio Curaçá.

Considerando que a exploração mineral constitui um pilar essencial da economia na região do Vale do Curaçá, estando vinculada à empregabilidade de parte da população, é válido pontuar ainda que o desenvolvimento dessa pesquisa envolve relevância social por impulsionar esse ramo da economia local por proporcionar um melhor reconhecimento da área e até mesmo da descoberta de novas mineralizações.

O Vale do Rio Curaçá está situado na região nordeste do Estado da Bahia, abrangendo principalmente os municípios de Curaçá, Juazeiro e Jaguarari e tem como acesso principal as rodovias BR-314 e BR-235 (Figura 1).

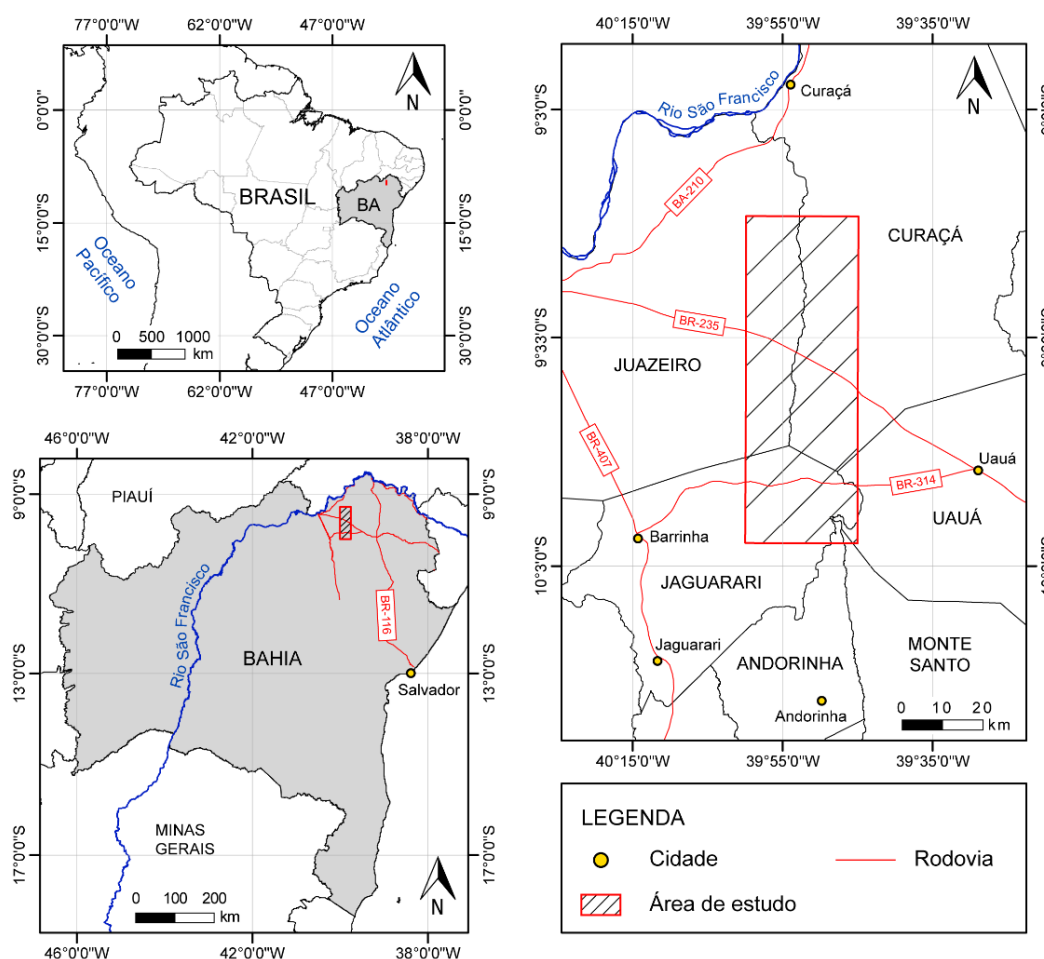


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Base cartográfica IBGE (2020).

Esse trabalho está estruturado em três capítulos, além das referências bibliográficas e anexo relativo às regras de formatação da revista científica. O capítulo 1 contempla essa introdução geral contextualizando o tema abordado. O capítulo 2 apresenta o estado da arte da pesquisa, compreendendo a fundamentação teórica da interpretação de dados geofísicos e conceitos básicos dos métodos empregados, além da síntese dos estudos geofísicos anteriores na área e uma base teórica sobre depósitos do tipo IOCG (*Iron Oxide-Copper-Gold*). Por fim, o capítulo 3 refere-se ao artigo científico intitulado "Reinterpretação geológica e estrutural da região do Vale do Curaçá (BA) usando dados geofísicos e geológicos", no qual é apresentado o efetivo desenvolvimento da pesquisa científica, incluindo resultados, discussões e conclusões.

Considerando o campo de pesquisa e a abordagem proposta nesse trabalho, o artigo científico apresentado será submetido para a Revista Geologia USP (Série Científica). Dessa forma, o artigo científico está formatado segundo as normas da revista escolhida, disponíveis no Anexo A.

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

A interpretação geológico-geofísica de determinada área de pesquisa é, geralmente, a última etapa antes da tomada de decisão exploratória de um projeto (Dentith e Mudge, 2014). A análise qualitativa do dado geofísico constitui o início do procedimento de interpretação. Quando o objetivo se restringe à identificação das anomalias individuais, ou seja, regiões com respostas anômalas, a interpretação torna-se uma tarefa relativamente simples, desde que os dados geofísicos tenham sido adequadamente processados e apresentados. Por sua vez, se o propósito é criar um modelo litogeofísico ou tectonogeofísico com base na assinatura geofísica, o processo torna-se mais complexo por exigir o conhecimento integrado da geologia com a geofísica.

Quando um alvo potencial é identificado, ou quando dificuldades são encontradas na elaboração de um mapa geológico, os dados geofísicos de campo, em conjunto com modelos de parâmetros estimados a partir deles, podem fornecer um importante suporte para a obtenção de resultados mais fidedignos. Essa adequação entre os dados geofísicos observados e o modelo estimado é muito importante porque restringe as possibilidades de cenários geológicos na subsuperfície, sendo fundamental na obtenção de informações tais como a profundidade da fonte de uma anomalia, o mergulho de um contato estratigráfico, dentre outras. Em muitos casos, essa correspondência entre o modelo estimado e o dado observado não é um resultado definitivo, visto que mais de um modelo pode se ajustar ao mesmo dado geofísico. Em outras palavras, pode-se dizer que não existe um único conjunto de elementos geológicos que explique o dado geofísico observado, tornando então a interpretação ambígua. Este é um fundamental e importante aspecto da geofísica, conhecido como não-unicidade (Dentith e Mudge, 2014).

Em termos de finalidade, a análise qualitativa de um dado geofísico visa também produzir um mapa litogeofísico ou tectonogeofísico da área de estudo. Em geral, essa análise é baseada em mapas de variações de parâmetros geofísicos, de forma que nem sempre há correspondência direta com as feições litológicas existentes. No âmbito da correlação com a geologia, a interpretação de mapas geofísicos é semelhante à interpretação de fotografias aéreas, pois ambas envolvem o reconhecimento de padrões, bem como inferências geológicas baseadas em informações limitadas, resultando em uma aproximação da geologia real. Os dados geológicos são informações de natureza primária, porém são restritos a áreas de afloramentos e, por vezes, dados de furos de sondagens. Embora os dados geofísicos sejam considerados dados secundários, eles possuem a grande vantagem de serem continuamente amostrados em toda área, sendo um suporte essencial na interpolação da geologia entre os afloramentos (Dentith e Mudge, 2014).

A interpretação qualitativa de dados geofísicos 2D é fundamentada na análise espacial, a qual se baseia em várias características essenciais observadas pelo intérprete. Nesse âmbito, as características mais fundamentais a serem consideradas são a textura e o tom. O tom é relativo à cor ou brilho de uma certa região e, em termos geofísicos, está associado à amplitude do dado analisado. Já a textura é o padrão decorrente da variação do comprimento de onda no tom. A

natureza de uma textura pode ser difícil de quantificar, mas descrições qualitativas, como “ondulada” ou “granular”, descrevem adequadamente as características texturais para fins geofísicos. Ademais, a interpretação qualitativa costuma ainda envolver considerações acerca das formas, padrões, tamanhos e o contexto geológico associado (Dentith e Mudge, 2014).

2.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DOS MÉTODOS RADIOMÉTRICO E MAGNÉTICO

Neste trabalho, os conceitos teóricos e práticos sobre a análise qualitativa de dados geofísicos foram aplicados na interpretação de mapas geofísicos aeromagnéticos e aerogamaespectrométricos do Vale do Rio Curaçá, tendo em vista a correlação e o suporte de mapas geológicos, estruturais e topográficos da área.

O método radiométrico, ou espectrometria de raios gama, mede a radioatividade natural das rochas em termos da emissão de raios gama. A maior parte dessa radiação se origina de espécies minerais contendo isótopos radioativos de potássio (K), urânio (U) e tório (Th). Em termos litológicos, os radioelementos estão preferencialmente concentrados nas rochas ígneas ácidas, em relação às intermediárias, básicas e ultrabásicas (Telford et al., 1990; Dentith e Mudge, 2014). A Tabela 1 apresenta a relação dos minerais radioativos mais comuns e seus modos de ocorrência.

Potássio	
Mineral	(i) Feldspatos ortoclásio e microclínio [$KAlSi_3O_8$] (ii) Muscovia [$H_2KAl(SiO_4)_3$] (iii) Alunita [$K_2Al_6(OH)_{12}SiO_4$] (iv) Silvita, carnalita [$KCl, MgCl_2 \cdot 6H_2O$]
Ocorrência	(i) Principais constituintes em rochas ígneas ácidas e pegmatitos (ii) Alteração em rochas vulcânicas (iii) Depósitos salinos em sedimentos
Tório	
Mineral	(i) Monazita [ThO_2 + fosfato de terras raras] (ii) Torianita [$(Th, U)O_2$] (iii) Torita, uranotorita [$ThSiO_4 + U$]
Ocorrência	(i) Granitos, pegmatitos, gnaisses (ii), (iii) Granitos, pegmatitos plácemes
Urânio	
Mineral	(i) Uraninita [óxido de U, Pb, Ra + Th, terras raras] (ii) Carnotita [$K_2O \cdot 2UO_3 \cdot V_2O_5 \cdot 2H_2O$] (iii) Gumita [alteração de uraninita]
Ocorrência	(i) Granitos, pegmatitos e em veios de Ag, Pb, Cu, etc. (ii) Arenitos (iii) Associado à uraninita

Tabela 1: Relação dos minerais radioativos mais comuns e seus modos de ocorrência. Adaptado de Kearey et al. (2009).

A radiometria é um método de geofísica passiva pois as medidas são realizadas a partir de uma fonte natural de energia. Levantamentos radiométricos para exploração mineral são executados rotineiramente no ar, na superfície e em furos de sondagem. Em levantamentos aéreos, os dados radiométricos podem ser adquiridos simultaneamente aos dados magnéticos, sendo tal prática particularmente comum na exploração mineral. Uma importante consideração acerca desse método é que a radioatividade medida reflete apenas os poucos centímetros superiores da superfície terrestre. Sendo assim, ao contrário de outros métodos geofísicos, a radiometria tem uma capacidade limitada de produzir uma imagem da subsuperfície, sendo consideravelmente afetada por processos intempéricos e pedogenéticos (Dentith e Mudge, 2014).

As correções e o processamento dos dados radiométricos, bem como a representação, em gráficos ou mapas, das concentrações de K, Th e U servem como base para a interpretação geológica e estrutural da área em estudo (Silva e Sampaio, 2017). O mapa ternário RGB constitui um dos principais produtos desse processamento, compreendendo um mapa em composição colorida que assimila a atividade dos três radioelementos, e no qual, por convenção, K corresponde à cor vermelha, Th ao verde e U ao azul (Dentith e Mudge, 2014). Os mapas de canais individuais K, eTh e eU apresentam as concentrações relativas dos três radioelementos na área de estudo, enquanto os mapas das razões U/Th, Th/K e U/K realçam o enriquecimento ou empobrecimento relativo de um canal em relação a outro, facilitando a correlação com as unidades geológicas (IAEA, 2003).

O método magnético, por sua vez, mede essencialmente a variação espacial do campo magnético. Tais mudanças no campo magnético são causadas por variações do magnetismo das rochas, que são controladas principalmente pela propriedade física da susceptibilidade magnética (Dentith e Mudge, 2014). A Tabela 2 ilustra as faixas de valores das susceptibilidades magnéticas para as principais rochas e minerais.

Os levantamentos magnéticos são relativamente baratos e largamente usados para identificação de diferentes tipos de depósitos minerais e para mapeamentos geológicos, sendo diagnósticos de estruturas minerais, bem como estruturas regionais. Na exploração mineral, constitui um método habitualmente empregado em levantamentos regionais, mapeamentos de detalhe e na detecção de alvos específicos. Em áreas de difícil acesso, a aquisição aérea de dados magnéticos representa um componente indispensável dos programas de exploração (Telford et al., 1990; Dentith e Mudge, 2014). Os principais minerais magnéticos, responsáveis pela expressão magnética das rochas, são: magnetita, titanomagnetita, titanohematita, maghemita, pirrotita e ferro nativo. Entretanto, devido à considerável abundância relativa da magnetita na natureza, é plausível afirmar que os levantamentos aeromagnéticos refletem essencialmente a magnetita presente nas rochas (Vasconcellos et al., 1990).

Os dados magnéticos adquiridos em levantamentos aéreos passam por etapas de processamento, compreendendo procedimentos de correções e filtragens, fundamentais para a geração dos mapas magnéticos com adequadas razões sinal-ruído (Silva e Sampaio, 2017). O mapa do campo magnético total (CMT) empregado no presente trabalho contempla o campo magnético corrigido do IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) e possibilita a avaliação das anomalias em subsuperfície e comparação com as feições geológicas da área, tendo como importante característica sua natureza dipolar (Kearey et al., 2009). Já o mapa da amplitude do sinal analítico (ASA) é obtido por meio da combinação das três derivadas direcionais do campo magnético, ressaltando principalmente as bordas dos corpos magnetizados

(Nabighian, 1972). Por sua vez, o mapa da primeira derivada vertical (PDV) leva em consideração a variação do campo magnético na direção vertical e ressalta principalmente as anomalias de fontes mais rasas, sendo muito utilizado para o delineamento das estruturas (Telford et al., 1990; Dentith e Mudge, 2014).

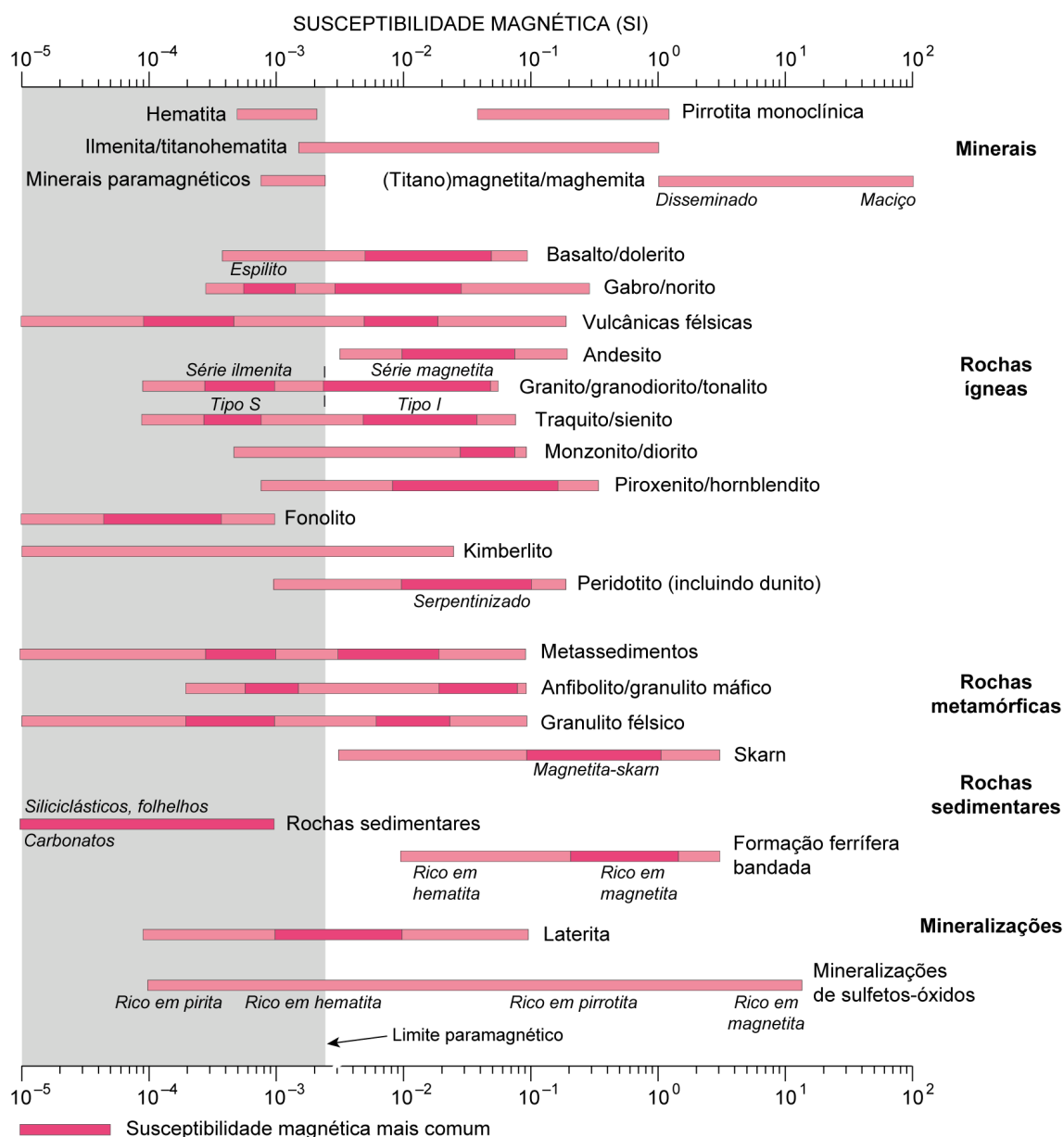


Tabela 2: Susceptibilidade magnética de rochas e minerais. Adaptado de Dentith e Mudge (2014).

2.2. ESTUDOS GEOFÍSICOS NO VALE DO RIO CURAÇÁ

Dada a importância dessa província cuprífera, o Vale do Rio Curaçá tem sido alvo de diversos estudos abrangendo a resposta geofísica de seus litotipos e estruturas. Nesse âmbito, os estudos geofísicos pioneiros no Vale do Rio Curaçá e entorno abrangeram principalmente os métodos de polarização induzida (IP), magnetometria e AFMAG (método eletromagnético) (Silva, 1974; Luiz, 1977). Silva (1974) aplicou de forma integrada os métodos AFMAG, magnético, IP e resistividade na região da Fazenda Poço da Vaca, no Curaçá. O método AFMAG mostrou-se adequado para o delineamento de zonas condutoras correlacionadas a falhas e fraturas, enquanto o método magnético manifestou o comportamento de corpos máfico-ultramáficos em subsuperfície e a variação da presença de magnetita em rochas gnáissicas. A combinação dos métodos gravimétrico e polarização induzida espectral (SIP) no Vale do Curaçá foi eficaz no mapeamento dos corpos ultramáficos com possíveis mineralizações metálicas disseminadas (comunicação pessoal Sampaio, 2020).

Posteriormente, Silva (1982, apud Silva e Sampaio, 2017) empregou dados de gravimetria, magnetometria, IP e eletrorresistividade contextualizados na região de um litotipo máfico mineralizado a cobre em Sussuarana (Jaguarari), localizada ao sul da Mina Caraíba. O método gravimétrico exibiu valores Bouguer anômalos relacionados a corpos máficos da área, nos quais testemunhos de furos de sondagens revelaram mineralizações sulfetadas de calcopirita e bornita disseminadas. Esses mesmos corpos máficos apresentaram respostas anômalas de IP, associadas a anomalias magnéticas e gravimétricas, indicando condições favoráveis à existência de mineralizações.

Por sua vez, Gomes (1998) e Sato et al. (1998) empregaram técnicas de tratamento e processamento dos dados magnéticos da área, mais especificamente redução ao pólo e sinal analítico 3D, que possibilitaram uma melhor correlação entre os dados magnéticos e geológicos, incluindo interpretações envolvendo zonas de falhas, diques e ocorrências de cobre. Em seu trabalho, Garcia (2017) apresentou uma síntese da interpretação de mapas aeromagnéticos e aerogamaespectrométricos do Vale do Curaçá com a identificação e cadastramento das grandes estruturas regionais. Nesse âmbito, foram diagnosticadas as formas e *trends* preferenciais dos corpos máfico-ultramáficos dos depósitos cupríferos de Sussuarana, Caraíba, Surubim e Angico.

Os mapas aeromagnéticos e aerogamaespectrométricos do Vale do Curaçá foram também interpretados por Silva e Sampaio (2017), que analisaram os padrões de lineamentos magnéticos e a distribuição dos radioelementos em função das variações litológicas. Os autores relataram *trends* preferenciais N-S, NE-SW e NW-SE e enfatizaram detalhes da assinatura geofísica na região da mina Caraíba. Já Hühn (2018) empregou dados magnéticos e gravimétricos para a caracterização geofísica do Vale do Curaçá em escala regional. Nesse sentido, o autor constata que a Província Cuprífera do Vale do Rio Curaçá é regionalmente associada a altos gravimétricos e magnéticos, identificando na área dois principais *trends* prospectivos de direção NNW. Por sua vez, Sant'Ana (2018) e Sant'Ana e Sampaio (2018) desenvolveram técnicas de modelagem e inversão aplicadas aos dados de SIP do Vale do Rio Curaçá, abordando o comportamento espectral da resistividade complexa aparente na área em termos das contribuições dos fenômenos de SIP e acoplamento eletromagnético. As pseudo-seções dos parâmetros geoeletricos estimados exibiram uma interessante anomalia de cargabilidade em uma seção do depósito de Sussuarana, a qual pode estar associada a mineralizações metálicas

disseminadas.

Por fim, buscando uma caracterização geofísico-geológica regional, a abordagem no presente trabalho contempla uma reinterpretação geológica e estrutural do Vale do Rio Curaçá sob a perspectiva de uma análise individual e integrada dos mapas aeromagnéticos e aeroradiométricos. Tendo em vista a expressão da atividade dos radioelementos e da susceptibilidade magnética das rochas, foram delimitadas zonas magnéticas e domínios radiométricos, com destaque para a análise dos *trends* estruturais magnéticos e a expressão geofísica das ocorrências e depósitos de cobre dessa província mineral.

2.3. DEPÓSITOS DO TIPO IOCG (IRON OXIDE-COPPER-GOLD)

Segundo Hitzman (2005), os depósitos do tipo IOCG (*Iron Oxide-Copper-Gold*) compõem uma classe de depósitos minerais mais recentemente reconhecida na literatura científica. São predominantemente associados a rochas pós-arqueanas, do início do Proterozoico ao Plioceno e em diferentes tipos de configurações tectônicas, como riftes, zonas de subducção e bacias de colapso, podendo ocorrer associados a rochas ígneas máficas ou félsicas, metamórficas ou sedimentares. Esses depósitos apresentam uma grande variedade de morfologias, desde *stratabound* até zonas de brechas *stockwork* irregulares, mas geralmente encontram-se sob importante controle estrutural, frequentemente associados espacialmente a zonas de falhas de escala crustal. O conteúdo em metais é bastante variável, com a predominância de óxidos de ferro. Constituem depósitos minerais importantes principalmente em termos de cobre e ouro, mas podem conter também minerais traços, incluindo elementos terras raras leves (predominantemente Ce e La), Ag, Mo, Zn, Co, Pb, W, Bi e U, bem como F, B e Cl (Hitzman, 2000; Smith, 2002; Hitzman, 2005).

Embora contemplem essas características geológicas tão diversas, os depósitos do tipo IOCG são invariavelmente associados a grandes volumes de alterações hidrotermais (Hitzman, 2005). Ainda que tais alterações dependam da litologia das rochas hospedeiras e da profundidade de formação, há uma tendência geral da ocorrência de alteração sódica em níveis mais profundos da subsuperfície, alteração potássica em níveis intermediários a rasos, e, por fim, alteração sericítica (hidrolítica) e silicificação nos níveis mais rasos (Hitzman, 2000).

O pioneiro e mais representativo exemplo dessa classe de depósitos minerais é o depósito de Olympic Dam, na província Sul da Austrália, com mineralizações de óxidos de ferro, cobre, ouro e urânio (Groves et al., 2010). Por sua vez, a Província Mineral de Carajás, no norte do Brasil, reúne os principais depósitos brasileiros do tipo IOCG: Salobo, Sossego, Igarapé-Bahia, Alvo 118, Cristalino (Melo et al., 2020).

Os primeiros modelos metalogenéticos para o Vale do Curaçá, região alvo de estudo do presente trabalho, propuseram hipóteses de uma origem magmática primária para as mineralizações (Lindenmayer, 1982; Mandetta, 1986; Oliveira e Tarney, 1995). Entretanto, mais recentemente tem sido abordada a hipótese da instalação de um sistema IOCG no Vale do Curaçá, dadas as similaridades com os depósitos de Okiep (África do Sul), e outras características observadas na área, tais como o zoneamento das alterações hidrotermais e o forte controle estrutural (Teixeira et al., 2010; Garcia, 2013).

CAPÍTULO 3

ARTIGO

Reinterpretação geológica e estrutural da região do Vale do Curaçá (BA) usando dados geofísicos e geológicos

Geological and structural reinterpretation of the Curaçá Valley (BA) region using geophysical and geological data

Título curto: Caracterização geofísica do Vale do Curaçá (BA)

Taíla Crístia Souza Sant'Ana¹, Jailma Santos de Souza de Oliveira,
Edson Emanuel Starteri Sampaio

¹*Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociência, Rua Barão de Jeremoabo,
40170-115, Salvador, Bahia, Brasil, TEL (+55)0773473-1393
(taíla_cristia@hotmail.com; starteri@ufba.br; jailma.souza@ufba.br)*

Número de palavras: 6366; Número total de figuras: 10

RESUMO

Abrangendo uma das principais províncias minerais do Brasil, o Vale do Rio Curaçá, situado na porção norte do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá, apresenta notável potencial econômico e científico associado especialmente às rochas máfico-ultramáficas, hospedeiras das mineralizações cupríferas. O reconhecimento e a caracterização geofísica das feições geológicas e estruturais dessa área se fazem fundamentais, já que possibilitam uma compreensão espacial e contínua do cenário em subsuperfície, e até mesmo a localização de novos alvos exploratórios. Sendo assim, esse estudo tem como objetivo a análise e interpretação qualitativa individual e integrada de mapas gamaespectrométricos e magnéticos de levantamentos aéreos sob a perspectiva do contexto geológico e estrutural do Vale do Rio Curaçá. Com base em similaridades e contrastes das respostas geofísicas, foram delimitados onze domínios radiométricos e dez zonas magnéticas, em geral correlacionáveis entre si e com as unidades geológicas. Os resultados obtidos viabilizaram discussões envolvendo a análise dos lineamentos estruturais magnéticos interpretados e a caracterização radiométrica e magnética das unidades geológicas e dos depósitos e ocorrências de cobre do Vale do Rio Curaçá. Nesse sentido, os dados analisados revelaram que a região é marcada por intensa atividade radiométrica, decorrente principalmente dos conteúdos anômalos de tório e potássio, além de amplitude magnética bastante variável e predomínio dos *trends* estruturais NE-SW e N-S. Essa abordagem leva em conta a atuação e influência de aspectos da história evolutiva da área, incluindo a intensa

percolação de fluidos hidrotermais do sistema IOCG (*Iron Oxide-Copper-Gold*) e posteriores processos intempéricos.

Palavras-chave: Vale do Curaçá; Aeromagnetometria; Aerogamaespectrometria; Mineralizações.

ABSTRACT

As one of the main mineral provinces in Brazil, the Curaçá Valley, located in the northern portion of the Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá, has a remarkable economic and scientific potential associated with mafic-ultramafic rocks, hosts of cupriferous mineralizations. The recognition and geophysical characterization of the geological and structural features of this area are essential since they enable a spatial and continuous understanding of the subsurface scenario and even the location of new exploratory targets. Therefore, this study aims the analysis and qualitative individual and integrated interpretation of gamma ray spectrometry and magnetic maps of airborne surveys from the perspective of the geological and structural context of the Curaçá Valley. Based on similarities and contrasts of the geophysical responses, eleven radiometric domains, and ten magnetic zones were delimited, correlable with each other and with the geological units. The results obtained enabled discussions involving the analysis of the interpreted magnetic structural lineaments and the radiometric and magnetic characterization of the geological units and copper deposits and occurrences in the Curaçá Valley. In this sense, the analyzed data revealed that this area is characterized by intense radiometric activity, resulting mainly from the anomalous contents of thorium and potassium, in addition to variable magnetic amplitude and predominance of the structural trends NE-SW and N-S. This approach takes into account the influence of the evolutionary history of the area, including the intense percolation of hydrothermal fluids from the IOCG (Iron Oxide-Copper-Gold) system and subsequent weathering processes.

Keywords: Curaçá Valley; Aeromagnetometry; Aerogamaspectrometry; Mineralizations.

1. INTRODUÇÃO

Localizado no nordeste da Bahia, o Vale do Rio Curaçá tem sido alvo de inúmeros estudos desde a descoberta de suas ocorrências de cobre há mais de um século. Situadas em meio aos ortognaisses granulíticos e metassupracrustais, as rochas máfico-ultramáficas são as principais hospedeiras das mineralizações cupríferas disseminadas e remobilizadas dessa província mineral, as quais despertam interesse científico atrelado ao promissor potencial econômico (Delgado e Souza, 1975a; Hasui et al., 1982; Kosin et al., 2003; Teixeira et al., 2010).

Um grande percentual dos trabalhos científicos contextualizados na região do Vale do Rio Curaçá contempla o uso habitual de fontes diretas da superfície, tais como dados geológicos, geoquímicos e estruturais, os quais são essenciais para a caracterização e reconhecimento da área (Oliveira e Tarney, 1995; Del'Rey Silva et al., 1996; Maier e Barnes, 1999; Garcia, 2013).

Entretanto, considerando que tais dados são frequentemente pontuais e superficiais, os métodos geofísicos são complementos fundamentais no contexto da exploração mineral por constituírem uma fonte única de informações indiretas da subsuperfície. Por meio da assinatura geofísica das rochas é possível melhor compreender o cenário geológico em subsuperfície, abrangendo a continuidade espacial das feições e estruturas, o que pode ser imprescindível na localização e delimitação de alvos exploratórios.

Dada essa importância, a caracterização geofísica dos litotipos e estruturas do Vale do Rio Curaçá foi historicamente abordada por diversos autores. Os estudos geofísicos pioneiros na área abrangeram principalmente os métodos de polarização induzida (IP), magnetometria e AFMAG (método eletromagnético) (Silva, 1974; Luiz, 1977). Silva (1974) aplicou de forma integrada os métodos AFMAG, magnético, IP e resistividade na região da Fazenda Poço da Vaca, no Curaçá. Nesse estudo, o método AFMAG possibilitou o delineamento de falhas e fraturas, enquanto o método magnético ressaltou a assinatura de corpos máfico-ultramáficos em subsuperfície e a presença de magnetita em rochas gnáissicas. Por sua vez, Gomes (1998) e Sato et al. (1998) abordaram técnicas de processamento dos dados magnéticos da área com o objetivo de obter melhores resultados e correlacioná-los com as feições geológicas. Em seu trabalho, Garcia (2017) desenvolveu uma síntese de expressão magnética e radiométrica das rochas do Vale do Rio Curaçá, abordando principalmente a relação entre os *trends* estruturais observados e as rochas máfico-ultramáficas dos depósitos cupríferos de Sussuarana, Caraíba, Surubim e Angico. Interpretações geológicas e estruturais dos mapas aeromagnéticos e aeroradiométricos da área foram também elaboradas por Silva e Sampaio (2017) sob um contexto regional.

Em geral, as rochas máfico-ultramáficas, principais hospedeiras das mineralizações no Vale do Rio Curaçá, são frequentemente caracterizadas por contrastes e anomalias radiométricas e magnéticas em relação às rochas encaixantes, de forma que o emprego de tais métodos geofísicos pode ser estratégico na identificação de possíveis alvos. Nessa perspectiva, este trabalho propõe a análise e interpretação qualitativa de mapas regionais magnéticos e gamaespectrométricos de dados aéreos do Vale do Rio Curaçá, tendo como objetivo a correlação entre as respostas geofísicas das rochas com as unidades litológicas e estruturas regionais, bem como com as ocorrências e depósitos de cobre, considerando para isso os aspectos da evolução tectônica e deformacional da área.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo envolveu a interpretação qualitativa de dados geofísicos de levantamentos aéreos e delimitação de zonas magnéticas e domínios radiométricos, buscando uma melhor compreensão acerca da geologia regional e mineralizações do Vale do Rio Curaçá.

Nesse sentido, foram empregados os mapas aerogamaespectrométricos Ternário RGB, Contagem Radiométrica Total (CT), canais individuais U (ppm), Th (ppm), K (%) e mapas de razões U/Th, Th/K e U/K, bem como os mapas aeromagnéticos de Campo Magnético Total (CMT), Amplitude do Sinal Analítico (ASA) e Primeira Derivada Vertical (PDV). Esses dados foram adquiridos do Projeto Riacho Seco Andorinha (LASA, 2002), levantamento aerogeofísico promovido pela Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM), que recobriu uma área de 11030 km² na porção norte do estado da Bahia, compreendendo linhas de voo a cada 250 m na

direção E-W, e linhas de controle a cada 2500 m na direção N-S. Nesse projeto, os dados obtidos foram processados usando o *software* Oasis Montaj versão 4.3 da Geosoft.

Em auxílio à interpretação dos dados geofísicos, foram empregados o mapa de declividade e o modelo digital de terreno (MDT) da área, gerados a partir de um mosaico de imagens ALOS PALSAR com resolução de 12.5 metros. As etapas de georreferenciamento e tratamento dos dados foram executadas no *software* ArcGIS versão 10.1. Por sua vez, *software* Adobe Illustrator CC 2017 foi empregado na análise e interpretação dos mapas, bem como na elaboração gráfica dos resultados e *layout* de mapas.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

O Vale do Curaçá compõe uma estreita e alongada faixa de direção N-S situada na porção norte do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá (OISC), componente do embasamento do Cráton do São Francisco (CSF), e está inserido entre os segmentos crustais arqueanos de Gavião, a oeste, e de Serrinha a leste (Figura 2). Resultante da colisão de vários blocos arqueanos ao final do Riaciano, o OISC é composto por rochas gnáissicas e granulíticas arqueanas e paleoproterozoicas, intensamente deformadas e metamorfizadas (Barbosa, 1990; Padilha e Melo, 1991; Barbosa, 1996; Barbosa e Sabaté, 2004; Teixeira et al., 2010; Garcia, 2013).

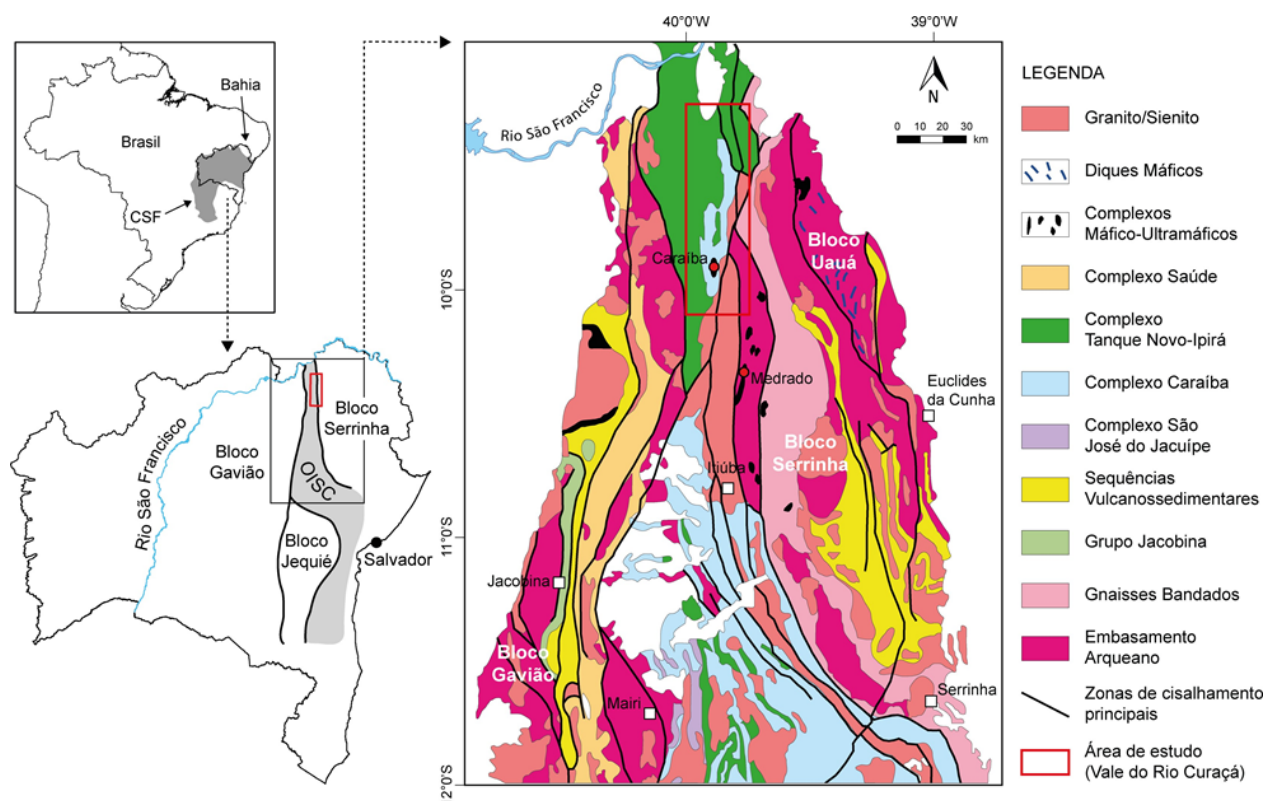


Figura 2: Mapa geológico do segmento norte do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá, com destaque para a área de estudo, no Vale do Rio Curaçá. Modificado de Teixeira et al. (2010).

3.1. Geologia do Vale do Curaçá

A geologia do Vale do Rio Curaçá é representada essencialmente pelos granulitos ortognaissicos do Complexo Caraíba e metassupracrustais do Complexo Tanque Novo-Ipirá, intrudidos por corpos máfico-ultramáficos por vezes portadores das mineralizações de cobre, além de diversas gerações de granitoides paleoproterozoicos, com destaque para o Sienito de Itiúba (Figura 3) (Kosin et al., 2003; Teixeira et al., 2010).

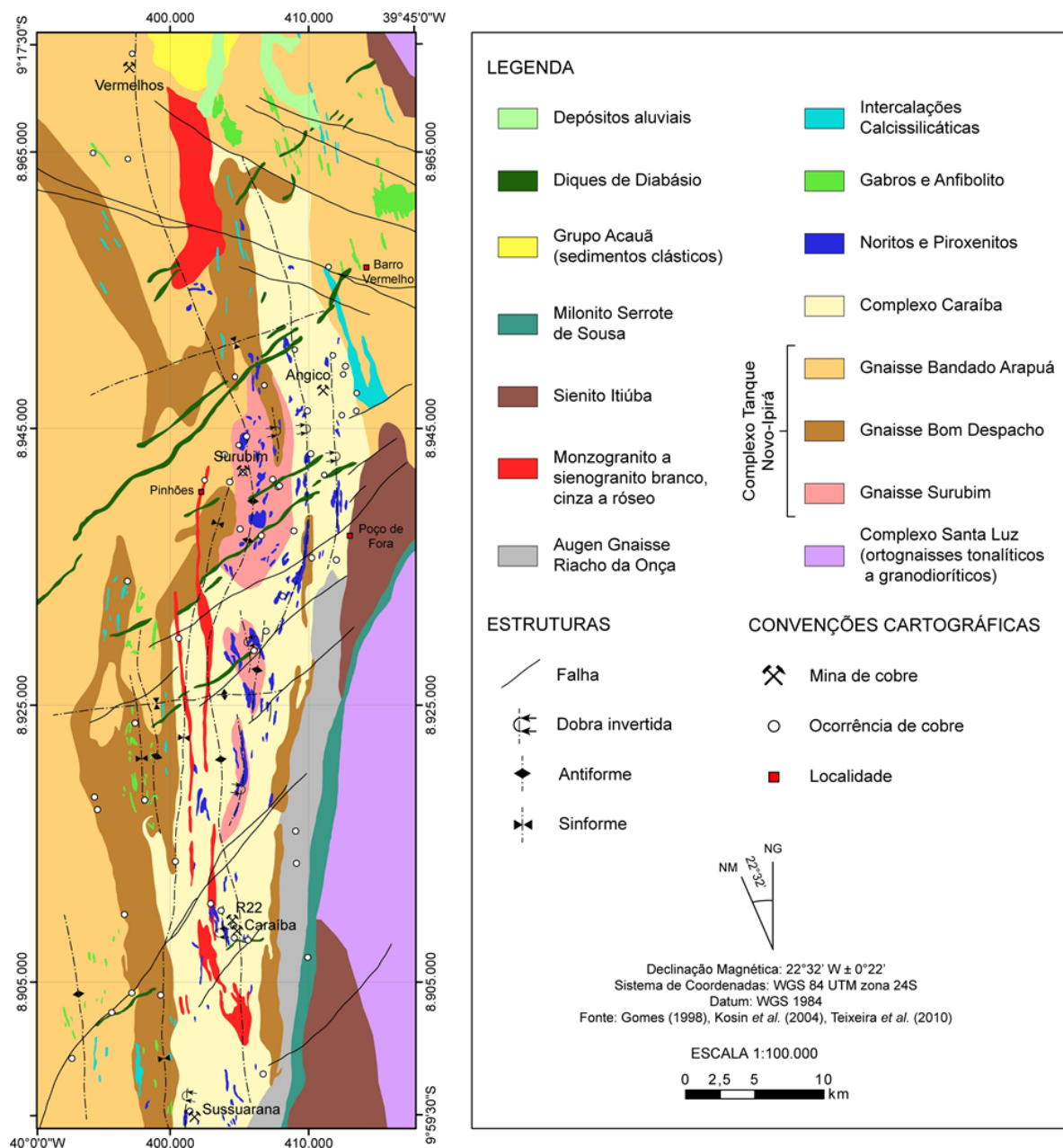


Figura 3: Mapa geológico do Vale do Rio Curaçá com os principais litotipos e estruturas, bem como ocorrências e depósitos de cobre. Modificado de Gomes (1998), Kosin et al. (2004) e Teixeira et al. (2010).

O Complexo Santa Luz ocorre a leste do batólito sienítico de Itiúba, sendo componente do bloco crustal arqueano Serrinha. Essa unidade constitui um complexo gnáissico-migmatítico predominantemente tonalítico a granodiorítico, associado a restos de rochas supracrustais, metamáficas e metaultramáficas. Adicionalmente, ocorrem gnaisses granulíticos bandados, alternando rochas calcissilicáticas, serpentina-mármore, serpentinitos, quartzitos e rochas metamáficas/metaultramáficas (Angelin e Kosin, 2001; Kosin et al., 2004). Datações U-Pb ID-TIMS em zircões forneceram idade mínima de cristalização de 3102 ± 5 Ma (Rios et al., 2009).

O Complexo Tanque Novo-Ipirá constitui uma sequência vulcanossedimentar metamorfizada em fácies anfíbolito a granulito, sendo segmentado nos Gnaisses Bom Despacho, Arapuá e Surubim (Melo et al., 1995; Kosin et al., 1999; Teixeira et al., 2010; Garcia et al., 2018). O gnaiss Bom Despacho constitui um corpo alongado N-S ao longo do limite oeste do Complexo Caraíba caracterizado por gnaisses grafitosos com abundantes intercalações de rochas calcissilicáticas, formações ferríferas bandadas, anfíbolitos, biotita gnaisses parcialmente migmatizados, gnaisses kinzigíticos, gnaisses quartzo-feldspáticos com ou sem granada e quartzitos. Os litotipos do Gnaiss Bom Despacho, em particular rochas calcissilicáticas, quartzitos ferríferos e gnaisses grafitosos, constituíram prováveis fontes de enxofre das intrusões máfico-ultramáficas mineralizadas. O Gnaiss Arapuá é caracterizado por rochas gnáissicas quartzo feldspáticas a biotita e hornblenda com anfíbolitos e subordinadamente quartzito. Difere do Gnaiss Bom Despacho pela ausência de rochas calcissilicáticas e formações ferríferas bandadas. Por sua vez, o Gnaiss Surubim, posicionado em meio às rochas do Complexo Caraíba, é composto por gnaisses bandados com alternância de bandas granítico-granodioríticas e gabroico-dioríticas e intercalações de gnaisses tonalíticos, anfíbolitos e rochas calcissilicáticas subordinadas (Lindenmayer, 1982; Gomes, 1998; Angelin e Kosin, 2001; Mendonça et al., 2018).

Segundo Kosin et al. (2003), o Complexo Caraíba é considerado a unidade litoestratigráfica mais representativa do OISC, apresentando ampla e heterogênea distribuição espacial no orógeno. É caracterizado por uma suíte bimodal cujo termo félsico é constituído por ortognaisses granodioríticos (granulitos charnoenderbíticos) e tonalíticos (granulitos enderbíticos) e, mais raramente, ortognaisses graníticos (granulitos charnockíticos) e trondjemíticos (granulitos trondjemíticos), metamorfizados em fácies anfíbolito alto a granulito; o termo básico é composto por corpos lenticulares de granulitos gabro-dioríticos (Teixeira, 1997; Angelin e Kosin, 2001; Barbosa et al., 2012; Mendonça et al., 2018). Segundo Teixeira (1997), esses litotipos seriam produto da reciclagem de uma crosta ígnea com participação variável de material sedimentar. Através de datações U-Pb SHRIMP, Silva et al. (1997) obtiveram idades de formação de 2695 Ma para o ortognaiss enderbítico, de 2634 Ma para o ortognaiss charnockítico e 2072 Ma para o metamorfismo granulítico.

Os Complexos Caraíba e Tanque Novo-Ipirá foram intrudidos por centenas de corpos máfico-ultramáficos de dimensões e formas variadas, por vezes mineralizados a cobre, principalmente sob a forma de calcopirita e bornita. Alongados na direção N-S e aflorantes a oeste do Sienito de Itiúba, esses corpos são compostos por cumulos ultramáficos (abundante piroxenito e raro peridotito) e cumulos máficos (melanorito, norito, gabro-norito), além de leuconorito e raro anortosito, sendo bastante deformados e metamorfizados em fácies granulito (Teixeira et al., 2010; Menezes Leal et al., 2012a; Garcia et al., 2018). Datações SHRIMP U-Pb de zircões do norito da mina Caraíba indicaram idade de 2580 ± 10 Ma para a cristalização ígnea e 2013 ± 23 M para o metamorfismo regional granulítico (Oliveira et al., 2004).

As rochas do Vale do Curaçá foram também intrudidas por inúmeros granitoides paleoproterozoicos sin-, tardi- e pós-tectônicos de variadas formas, dimensões e composições, como granitos, monzonitos e sienitos. O principal representante do conjunto sin-tectônico é o granitoide Riacho da Onça, que define um corpo alongado N-S composto por augen gnaisse quartzo monzonítico e granítico com xenólitos do Complexo Caraíba e limitado por zonas de cisalhamento transcorrentes sinistrais (Melo et al., 1995; Kosin et al., 2003; Garcia, 2017).

O sienito de Itiúba constitui uma intrusão batolítica alongada na direção N-S, com cerca de 150 km de extensão, aflorante na porção centro-norte do OISC. É composto por alcali-feldspato sienito e sienitos leucocráticos, cinza-claro a rosados, médio a grossos com estruturas de acumulação magmática (Conceição e Otero, 1996). Balizado por zonas de cisalhamento, esse corpo sienítico foi possivelmente gerado em um sistema *pull-apart*, provindo de fonte mantélica (Corrêa-Gomes et al., 1996; Misi et al., 2012). Datações U-Pb SHRIMP em zircões desse maciço forneceram a idade de 2084 ± 8 Ma (Oliveira et al., 2004).

Como manifestações magmáticas tardias de caráter anorogênico, ocorrem ainda enxames de diques máficos, caracterizados por corpos filonianos dispostos de modo plano-paralelos, segundo *trend* NE-SW. Esses corpos apresentam extensões da ordem de alguns quilômetros e poucas evidências de deformação e metamorfismo, com provável colocação em época posterior ao metamorfismo regional do Complexo Caraíba (Delgado e Souza, 1975a; Menezes Leal et al., 2012b). Oliveira et al. (2011) obtiveram idade U-Pb em zircão de 1507 ± 6.9 Ma para esses diques máficos do Vale do Curaçá.

Ao norte do Vale do Curaçá são observados os sedimentos clásticos da Formação Acauã e depósitos aluviais. Segundo Angelin e Kosin (2001), a Formação Acauã compreende filitos e xistos cinza a esverdeados, por vezes carbonáticos, além de calcários cristalinos finos, bandados, cinza e esbranquiçados.

3.2. Metamorfismo e Deformação

O conjunto embasamento, sequência supracrustal e corpos máfico-ultramáficos, foi submetido ao metamorfismo em fácies granulito e posterior retrabalhamento durante a evolução do orógeno, resultando no retrometamorfismo à fácies anfibolito, migmatização parcial e intrusão de rochas graníticas/sieníticas. A circulação de fluidos oriundos do magmatismo granítico promoveu reações de metassomatismo, com lixiviação e aporte de vários elementos, com destaque para fenômenos expressivos de potassificação (Lindenmayer, 1982; Leite, 2002; Teixeira et al., 2010).

As estruturas regionais do Vale do Curaçá refletem essa evolução tectônica da área, marcada por intensa deformação e metamorfismo de alto grau. Nesse sentido, essa porção do OISC é reconhecida como um cinturão de cisalhamento dúctil, sinistral, no qual os domínios geológicos encontram-se fortemente estirados, lenticularizados e imbricados tectonicamente. Os esforços transpressionais da colisão, que promoveram significativo encurtamento da direção E-W, resultaram em um arranjo tectônico do tipo flor positiva, caracterizado por vergência para leste e oeste, bem como dobras apertadas internas a essa estrutura (Melo et al., 1995; Teixeira, 1997; Kosin et al., 2003; Mendonça et al., 2018).

3.3. Estilos de mineralizações e Modelos genéticos

Os depósitos de sulfeto de cobre do Vale do Rio Curaçá estão associados a intrusões máfico-ultramáficas representadas principalmente por piroxenitos, hiperstenitos, melanoritos, noritos, biotititos e flogopititos (Garcia, 2013). Apresentam-se com intensidades variáveis de alterações hidrotermais, especialmente nos piroxenitos, melanoritos e noritos, com indícios de biotitização, anfibolitização e cloritização ao longo das zonas de cisalhamento (Menezes Leal et al., 2012a).

São encontrados dois estilos principais de mineralizações: o minério disseminado e o minério remobilizado. O minério disseminado tem natureza ortomagmática e é caracterizado por cristais de sulfetos, principalmente bornita e calcopirita, associado à magnetita, crescidos nos interstícios dos silicatos em piroxenitos e noritos. Já o minério remobilizado, de mais alto teor, está associado à alteração hidrotermal e apresenta importante controle estrutural. É constituído pela mesma paragênese da mineralização ortomagmática, porém sob a forma de brechas, bolsões, veios e preenchimentos de fraturas em diversos litotipos. Além de calcopirita e bornita, frequentemente associados à magnetita, subordinadamente ocorrem sulfetos de covelita, cubanita, digenita, pirita, pirrotita e pentlandita (Juliani et al., 2016; Garcia, 2017).

Esses corpos máfico-ultramáficos mineralizados a cobre constituem a Província Cuprífera do Vale do Rio Curaçá, abrangendo uma área de cerca de 1700 km² no nordeste da Bahia, com destaque para os depósitos de Caraíba, R22, Surubim, Vermelhos e Sussuarana (Teixeira et al., 2010). Dada a importância econômica expressiva dessas mineralizações, associada à geologia regional complexa da área, essa província mineral tem sido objeto de diversos estudos nas últimas décadas, os quais propuseram diferentes modelos petrogenéticos e metalogenéticos.

Os primeiros modelos formulados propuseram hipóteses de uma origem magmática primária para as mineralizações de cobre do Vale do Curaçá (Lindenmayer, 1982; Mandetta, 1986; Oliveira e Tarney, 1995). Outros estudos ressaltaram o controle estrutural e a complexa geometria dos corpos mineralizados (D'el-Rey Silva, 1984; D'el-Rey Silva et al., 1996).

Na perspectiva de Teixeira et al. (2010), esses depósitos de cobre correspondem a um tipo híbrido de mineralização, tectono-controlado, caracterizado por derivação originalmente mantélica e posterior evento de remobilização e enriquecimento hidrotermal, de provável natureza magmática. Apontando similaridades com os depósitos de Okiep (África do Sul), os autores propuseram um modelo do tipo IOCG (*Iron Oxide-Copper-Gold*) com base em características levantadas, entre as quais: controle estrutural de grande parte da mineralização, abundante presença de flogopita, magnetita, apatita e zircão, enriquecimento em LREE, presença de ouro e ausência de níquel.

Analisando ampla gama de dados, Garcia (2013, 2017) desenvolveu um estudo mais aprofundado das mineralizações do Vale do Curaçá, incluindo comparações com sistemas IOCG clássicos. Foram investigadas e comparadas as principais alterações presentes nos depósitos de Caraíba, Surubim, Vermelhos e Sussuarana. O modelo evolutivo proposto sugere uma história multifásica das mineralizações, contando com quatro estágios: (i) mineralização primária magmática (ca. 2,6 Ga); (ii) edificação do OISC com metamorfismo progressivo e granitogênese associados (ca. 2,08 Ga); (iii) colapso do orógeno com remobilização hidrotermal e instalação de um sistema IOCG (ca. 2,04 Ga); (iv) soerguimento do orógeno e metassomatismo tardio (ca.

1.92 Ga).

Garcia (2013) e Garcia et al. (2018) também constataram diversos fatores em comum entre as alterações dos depósitos de Caraíba, Surubim, Vermelhos e Sussuarana no Vale do Curaçá e o zoneamento característico de alterações em sistemas IOCG. A alteração sódica, relativa a níveis mais profundos, é mais intensa em Sussuarana, Caraíba e Surubim e menos importante em Vermelhos. Por sua vez, a potassificação, associada com os sulfetos remobilizados, é bastante limitada no depósito de Sussuarana e expressiva nos demais depósitos. A flogopitização foi bastante pervasiva em Surubim, sendo intensa também em Vermelhos. Os níveis ricos em barita (em Vermelhos) e a expressiva alteração à hematita (em Surubim e Vermelhos) sugerem a presença de fácies oxidadas nos depósitos ao norte.

O depósito de Sussuarana, no extremo sul, apresenta uma atuação incipiente do sistema de alteração hidrotermal, predominando a mineralização disseminada ortomagmática. Já o depósito de Vermelhos, na porção norte, possui um grande volume de minério remobilizado e indícios de um ambiente de alta oxidação (Garcia, 2013). Com base nessa análise, o autor conclui que os depósitos mais ao sul (Sussuarana), foram formados nas porções mais profundas de um sistema IOCG, enquanto os depósitos do norte (Surubim e Vermelhos) são característicos de zonas mais rasas e bastante afetadas por esse sistema hidrotermal.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Interpretação dos mapas aerogamaespectrométricos

A distribuição dos radioelementos K, Th e U nos mapas de canais individuais da região do Vale do Rio Curaçá (Figura 4) mostra que a concentração média dos radioelementos K e Th na área de estudo apresentou-se acima dos padrões médios das rochas crustais, estabelecidos como 2 – 2,5% para K e 8 – 12 ppm para Th (Killeen, 1979; Dickson e Scott, 1997). Enquanto os valores de K variaram entre 0,2 e 8%, com valores anômalos predominando entre 5 e 8%, a média de valores para o Th manteve-se entre 3,5 e 26 ppm, com altas ocorrências na faixa de 20 a 25 ppm. Por sua vez, a área em estudo apresentou valores relativamente baixos de U, de até 1,7 ppm, quando comparados com a média crustal entre 2 a 3 ppm de U proposta por Killeen (1979) e Dickson e Scott (1997). Dessa forma, considerando a média crustal para os radioelementos, podemos afirmar que o Vale do Curaçá é relativamente enriquecido em Th e K e depletado em U.

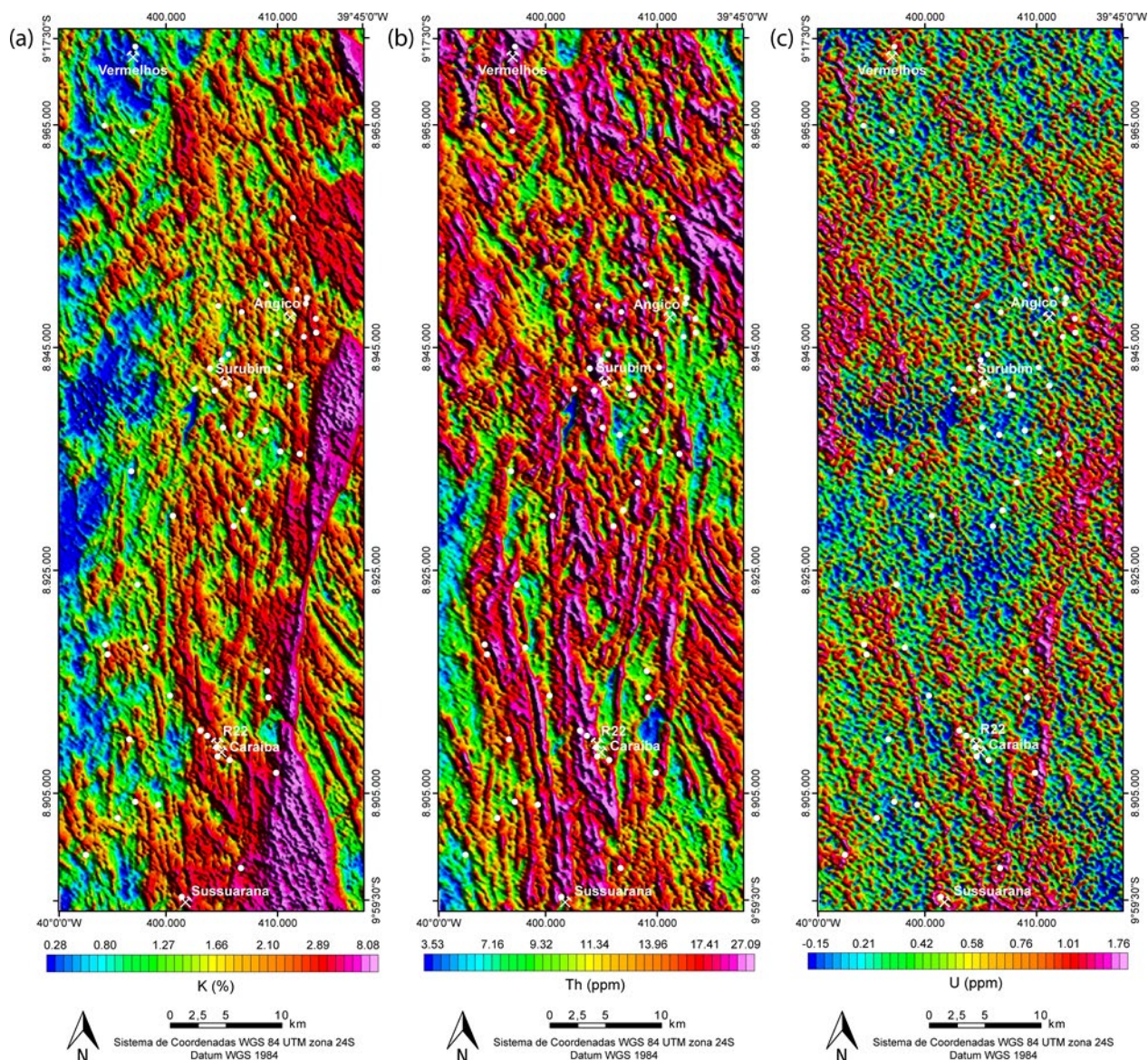


Figura 4: Mapas aeroradiométricos da região do Vale do Rio Curaçá: (a) K (%); (b) Th (ppm); (c) U (ppm).

Na Figura 5, são apresentados o MDT e o mapa de declividade da área. O MDT auxiliou a interpretação dos mapas gamaespectrométricos, expondo uma área com altimetria relativamente uniforme e uma ampla distribuição da rede de drenagem, o que está intimamente ligado com a atuação do intemperismo na área. Corroborando com esse cenário topográfico, o mapa de declividade evidencia o predomínio de terrenos planos e suaves em quase toda extensão do Vale do Curaçá, com importante exceção do relevo montanhoso do Sienito de Itiúba.

Os mapas de contagem total e mapa ternário RGB são apresentados na Figura 6. Assim como os mapas de canais individuais, o mapa de contagem total evidencia a predominância de lineamentos N-S em grande parte da área de estudo, principalmente no contexto do Complexo Caraliba.

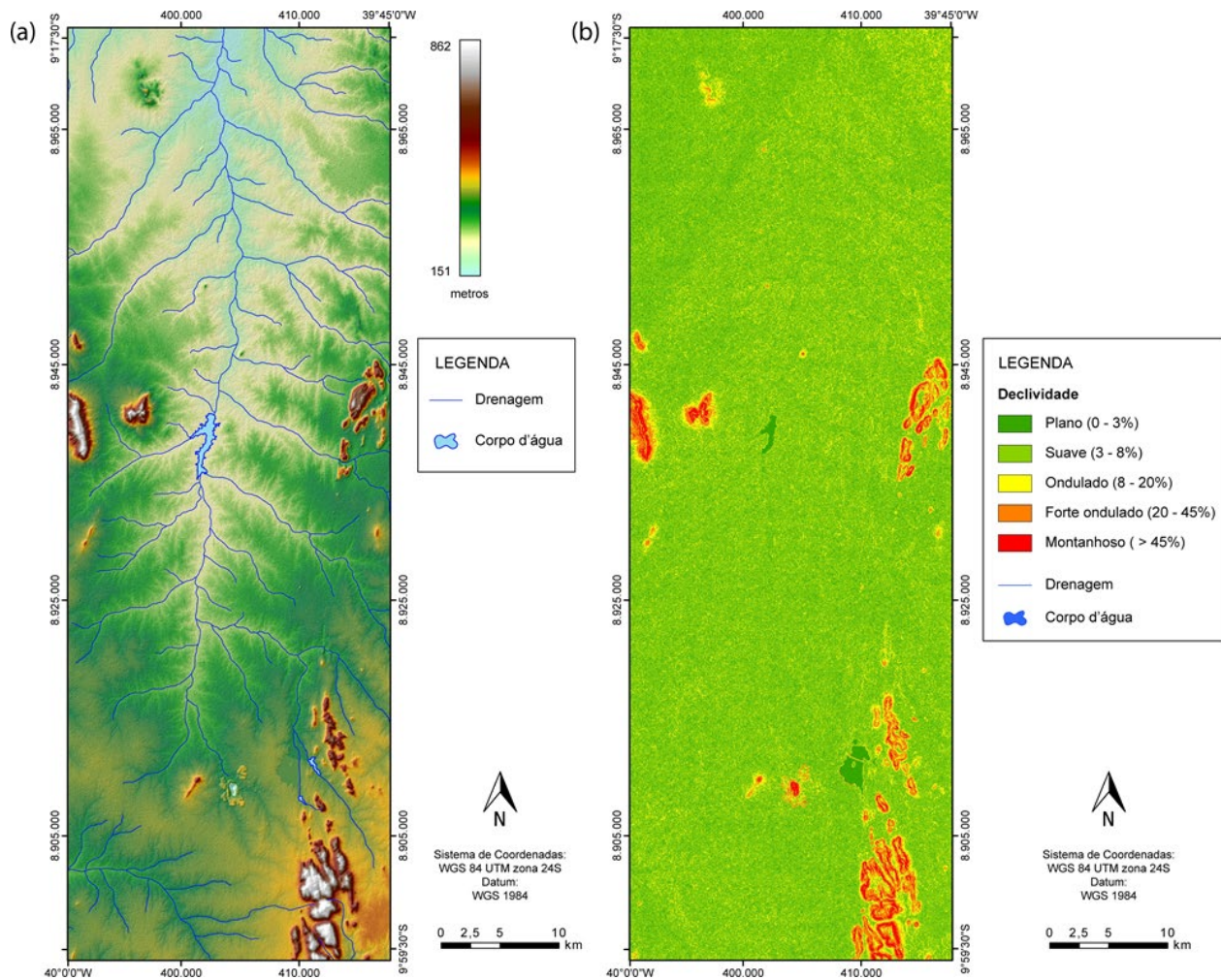


Figura 5: a) Mapa do modelo digital de terreno (MDT) e (b) mapa de declividade da região do Vale do Rio Curaçá.

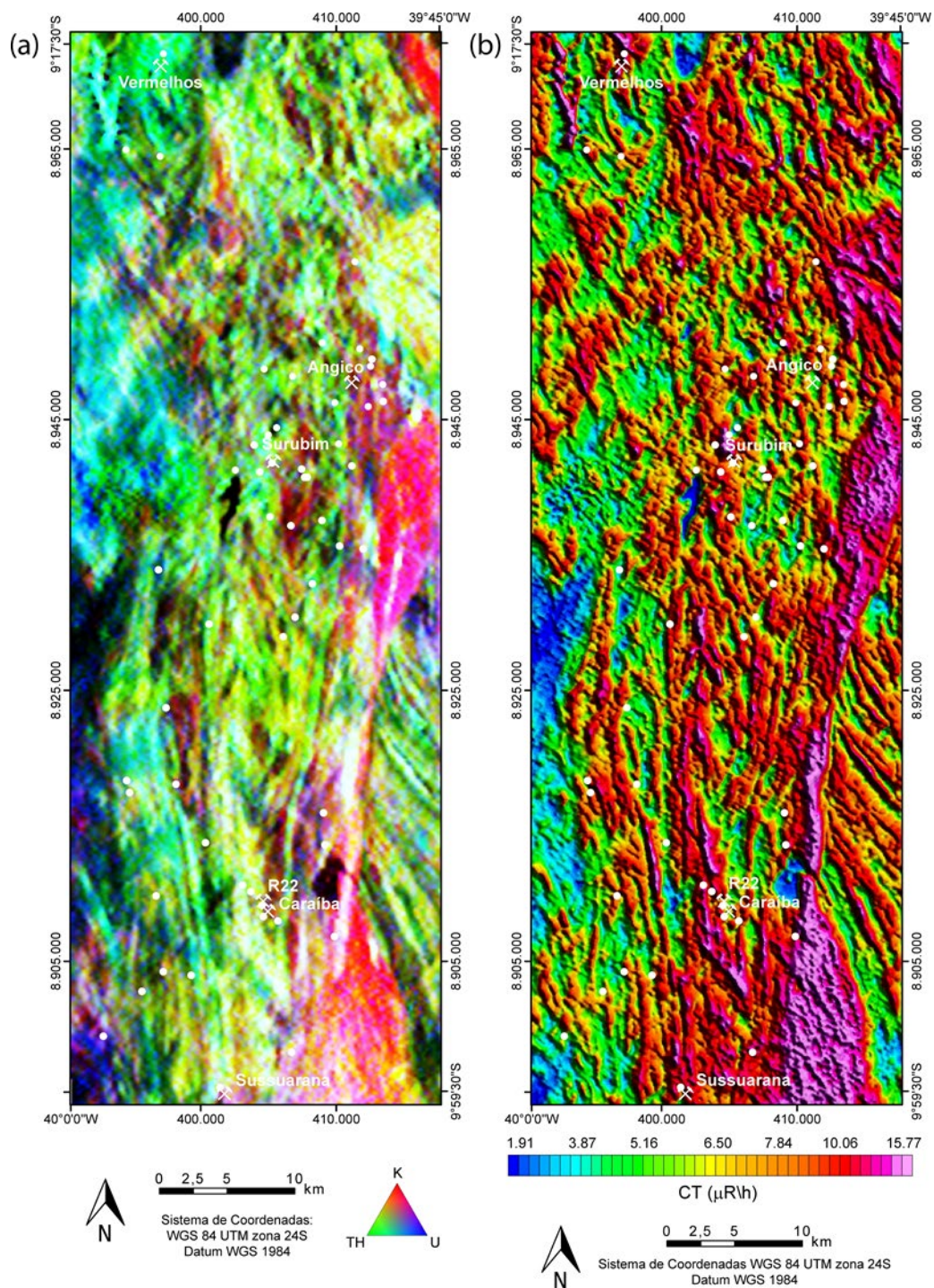


Figura 6: Mapas aeroradiométricos da região do Vale do Rio Curaçá: (a) Ternário RGB; (b) Contagem total (CT).

Os mapas de espectrometria de raios gama das razões U/Th, Th/K e U/K estão representados na Figura 7. A escala de valores de tais mapas mostra que a atividade radiométrica da área é predominantemente decorrente da distribuição do tório e, em menor proporção, à

distribuição do potássio, sendo muito pouca a contribuição relativa do urânio. Enquanto o Th apresenta uma disposição mais uniforme na área de estudo, a atividade radiométrica decorrente do K é mais observada na porção leste da área, principalmente no Sienito de Itiúba e entornos, como evidenciado, por exemplo, no mapa de razão Th/K. Os valores das razões Th/K e U/K revelam significativo empobrecimento em potássio na porção oeste do Vale do Curaçá, associado aos litotipos do Complexo Tanque Novo-Ipirá. Por sua vez, o canal individual do U indica considerável dispersão desse elemento em toda a área.

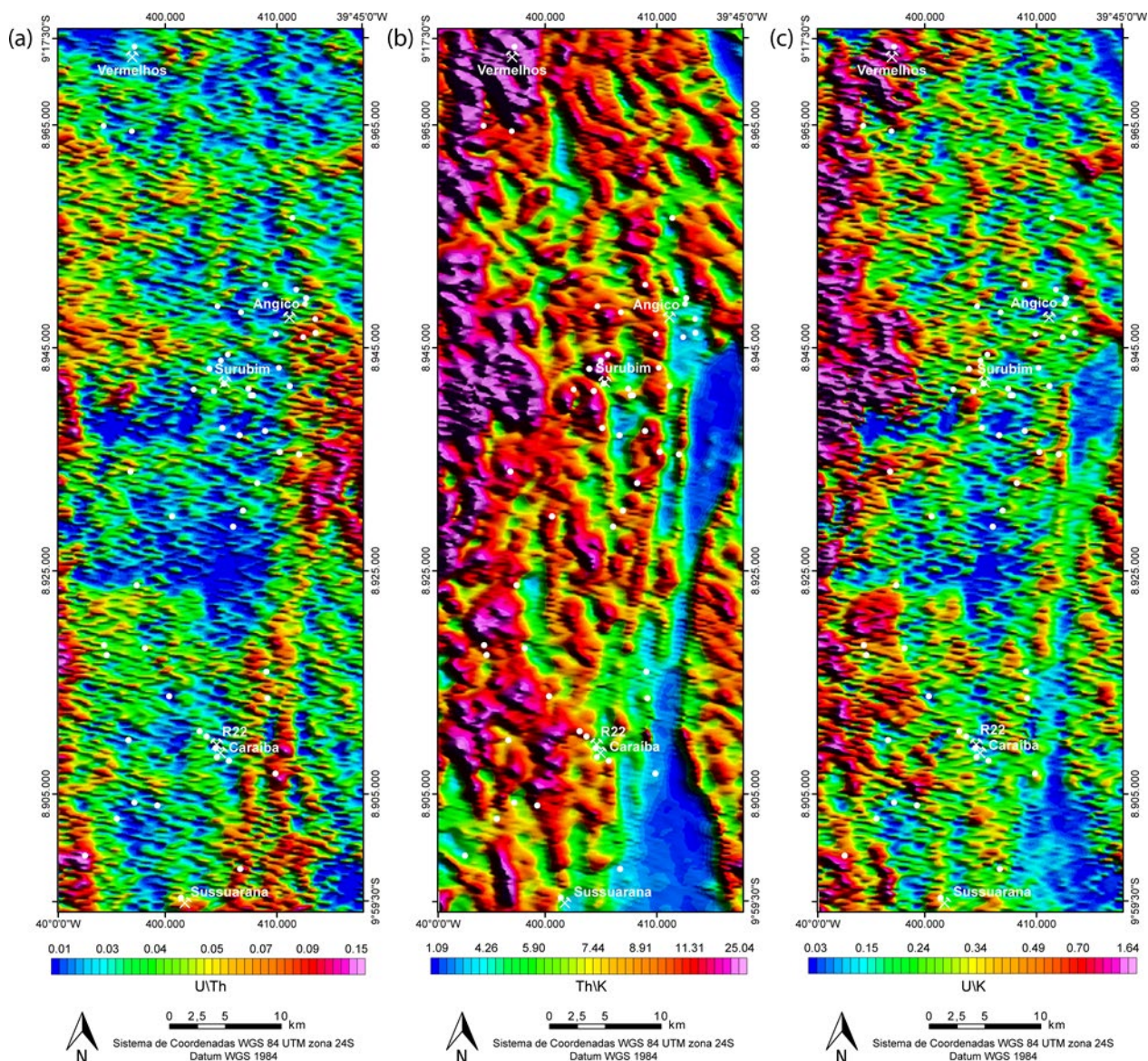


Figura 7: Mapas aeroradiométricos da região do Vale do Rio Curaçá: (a) Razão U/Th; (b) Razão Th/K; (c) Razão U/K.

A interpretação qualitativa dos mapas de contagem total e ternário (Figura 6), com o auxílio dos mapas de canais individuais (Figura 4), bem como dos mapas de razões (Figura 7), permitiu a definição de onze (11) domínios radiométricos (DR), por vezes subdivididos (Figura 8). As áreas com anomalias relativas dos radioelementos foram delimitadas e, sempre que possível, os domínios foram associados com as unidades e/ou feições geológicas.

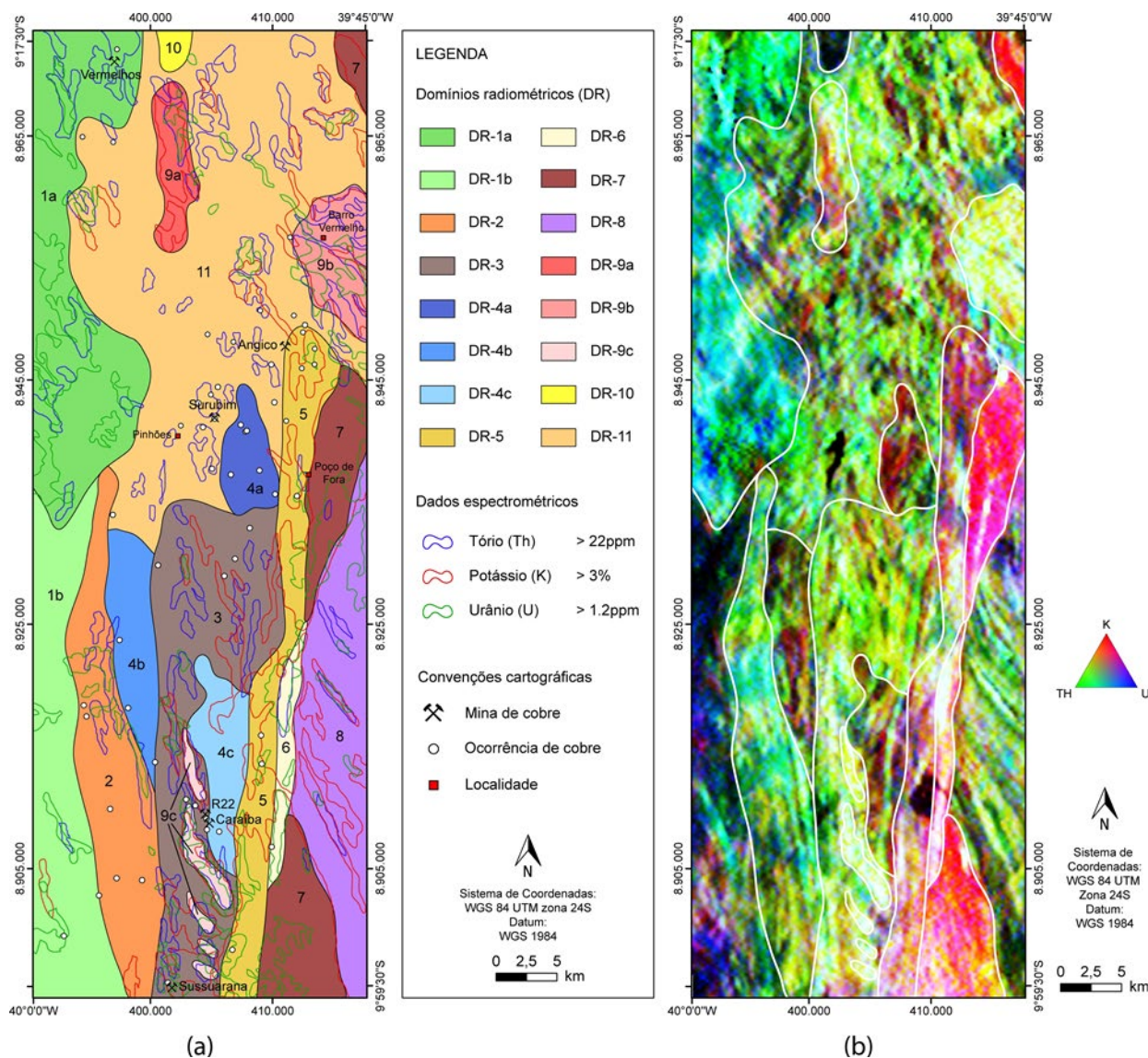


Figura 8: (a) Mapa de domínios radiométricos interpretados da região do Vale do Rio Curaçá e (b) delimitação dos domínios radiométricos sobre o mapa ternário RGB.

O domínio radiométrico DR-1 se estende pela porção oeste e apresenta a maior depleção em K da área de estudo, baixa atividade radiométrica no geral e se subdivide em função dos valores de Th e U. O DR-1a possui rochas com anomalias positivas de Th, importante conteúdo em U e as mais razões Th/K e U/K da área. Esse subdomínio é associado ao gnaiss bandado

Arapuá. Por sua vez, o DR-1b também está associado a esse litotipo, porém com conteúdo mais baixo para os três elementos radiométricos, como pode ser observado nos mapas de contagem total e ternário.

A assinatura radiométrica do DR-2 é marcada por lineamentos de orientação aproximada N-S, com alto conteúdo de Th, valores medianos de K, alta razão Th/K, além de anomalias positivas de U em sua parte central, estando relacionado ao gnaiss Bom Despacho.

Associado aos ortognaisses do Complexo Caraíba, o DR-3 é caracterizado por lineamentos bem marcados predominantemente N-S, com alta atividade radiométrica do Th e intermediária do K, resultando em baixas razões U/Th e U/K.

Os três subdomínios de DR-4 compreendem enclaves em outros domínios, sendo marcados por baixas razões e baixas concentrações dos três radioelementos em relação ao entorno, onde: DR-4a está possivelmente associado ao gnaiss Surubim; DR-4b aos gnaisses Arapuá e Bom Despacho; e DR-4c corresponde a uma porção do Complexo Caraíba com baixa atividade radiométrica possivelmente decorrente da circulação limitada dos fluidos hidrotermais.

O DR-5 apresenta uma assinatura radiométrica de expressiva potassificação, possivelmente pela proximidade do Sienito de Itiúba. Esse domínio possui alguns lineamentos N-S e baixas razões Th/K e U/K, sendo correlacionado geologicamente ao augen gnaiss Riacho da Onça. Por sua vez, o DR-6 apresenta a mais intensa atividade radiométrica da área de estudo, bem evidenciada no mapa ternário, e está associado ao milonito Serrote de Souza.

Representando o Sienito de Itiúba, o DR-7 se destaca, em quase todos os mapas radiométricos, devido ao mais alto conteúdo em K, chegando a mais de 8%, e empobrecimento em Th, causando anomalias negativas bem marcantes de Th/K e U/K.

Na região sudeste da área, o DR-8 pode ser diferenciado pelos lineamentos estruturais NW-SE bem marcados e se caracteriza por rochas ricas em Th e, em menor proporção, em K, sendo correlacionado aos ortognaisses do Complexo Santa Luz.

O DR-9 compreende rochas com alto conteúdo em Th, K e, em menor escala, U, em meio aos gnaisses e ortognaisses da área. O subdomínio DR-9a está associado ao granito gnáissico a hornblenda e biotita, situado na porção norte da área (Figura 3) (Delgado e Souza, 1975b). As importantes anomalias positivas dos três radioelementos no subdomínio DR-9b expõem uma assinatura discrepante da observada para o Gnaiss Arapuá em outras porções dessa unidade geológica. Segundo o modelo proposto por Garcia (2013), essa região do Vale do Curaçá estaria situada na zona mais rasa e, portanto, hidrotermalizada do sistema IOCG. Dessa forma, uma possível explicação para esse cenário seria a ocorrência de intensa percolação de fluidos hidrotermais pelas zonas de cisalhamento e falhas do domínio DR-9b, ocasionando a concentração de K, Th e U. Já o subdomínio DR-9c apresenta correlação com granitoides tardi a pós-tectônicos ou rochas máfica-ultramáficas hidrotermalizadas da região sul do Vale do Curaçá.

O DR-10 possui baixos conteúdos de Th e K e está relacionado aos sedimentos clásticos do Grupo Acauã. Por sua vez, associado aos litotipos dos Complexos Caraíba e Tanque Novo-Ipirá, o DR-11 apresenta padrões estruturais e radiométricos indiscriminados, possivelmente devido à topografia plana, relevo suave e forte atuação da rede de drenagem (Figura 5), com consequentes alterações químicas e físicas das rochas e dispersão dos radioelementos.

4.2. Interpretação dos mapas aeromagnéticos

A Figura 9 apresenta os mapas de Campo Magnético Total (CMT), Primeira Derivada Vertical (PDV) e Amplitude do Sinal Analítico (ASA) do Vale do Rio Curaçá. Para a delimitação das zonas magnéticas (ZM), foram analisados principalmente os mapas ASA e CMT, enquanto o mapa PDV foi fundamental para a marcação dos lineamentos magnéticos. É possível observar que a área apresenta considerável variação da amplitude magnética em algumas porções e ampla distribuição de lineamentos magnéticos de diferentes intensidades e direções. A análise desses dados permitiu a individualização de dez (10) zonas magnéticas (ZM) tendo como base as variações de propriedades magnéticas e *trends* estruturais (Figura 10).

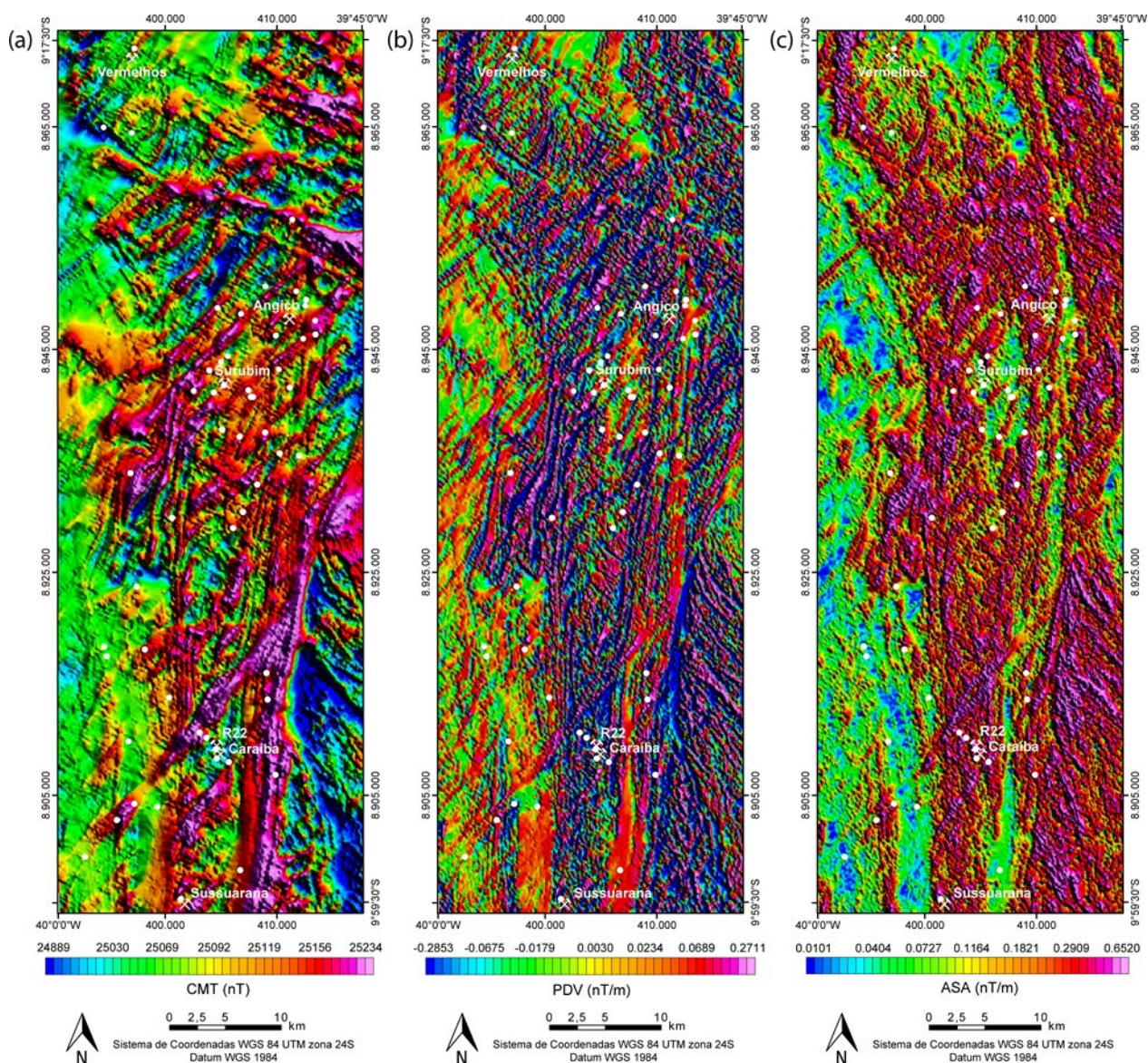


Figura 9: Mapas aeromagnéticos da região do Vale do Rio Curaçá: (a) Campo magnético total (CMT); (b) Primeira derivada vertical (PDV); (c) Amplitude do sinal analítico (ASA).

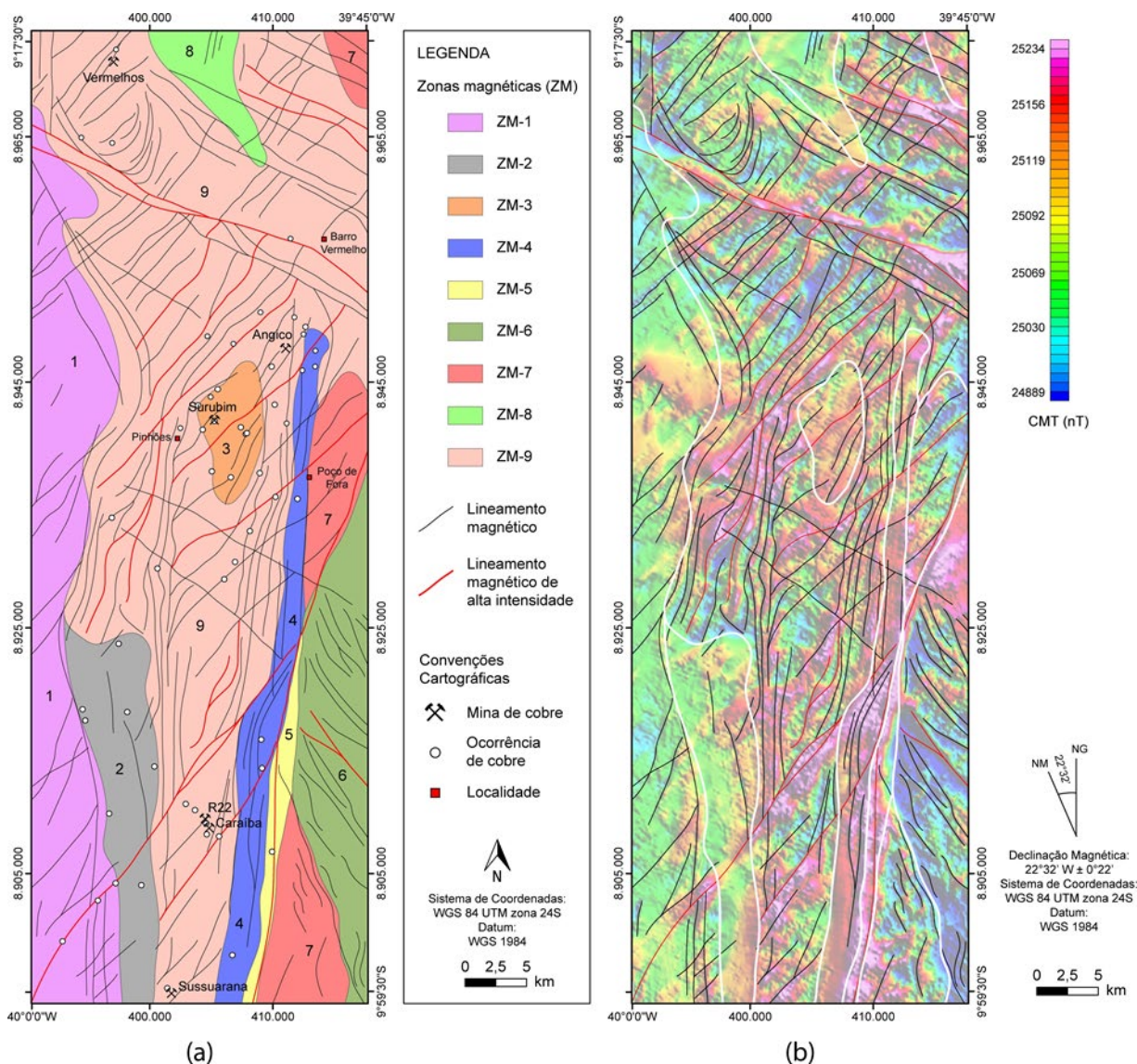


Figura 10: (a) Mapa de zonas magnéticas interpretadas da região do Vale do Rio Curaçá e (b) delimitação das zonas magnéticas sobre o mapa CMT.

Associada ao gnaiss bandado Arapuá, a zona magnética ZM-1 se estende por toda a porção oeste da área e apresenta amplitudes magnéticas bem reduzidas. Os poucos lineamentos magnéticos possuem baixa intensidade e direção NE-SW. Representando as rochas do gnaiss Bom Despacho, a ZM-2 forma uma zona alongada à SW da área e também apresenta baixas amplitudes e baixo gradiente magnético, porém os lineamentos magnéticos são raros ou ausentes. O gnaiss Surubim se expressa na ZM-3 com baixa atividade magnética e poucos lineamentos em relação a seu entorno. Apresentando amplitude magnética intermediária em relação às demais zonas, ZM-4 constitui um corpo alongado de orientação aproximada N-S com lineamentos de baixa intensidade e se relaciona geologicamente com o litotipo augen gnaiss Riacho da Onça. Encaixado entre as ZM-4, ZM-6 e ZM-7, o forte lineamento magnético N-S da ZM-5 se destaca principalmente nos mapas CMT e ASA, estando associado ao milonito Serrote de Souza.

Localizado a sudeste da área de estudo e no contexto dos ortognaisses do Complexo Santa Luz, ZM-6 possui assinatura magnética de alta amplitude, além de abundantes lineamentos magnéticos na direção NW-SE nas porções centro e sul. Já na porção norte de ZM-6, a amplitude magnética é consideravelmente baixa com lineamentos quase ausentes. A ZM-7 reflete as propriedades magnéticas do corpo sienítico de Itiúba, com amplitude intermediária e escassos lineamentos magnéticos. Com intensidade magnética mais reduzida, ZM-8 pode ser associado às rochas sedimentares do Grupo Acauã e depósitos aluviais na porção norte da área. Por fim, ZM-9 é marcado por grande diversidade de comportamentos magnéticos, variando de intensidade intermediária a alta, e compõe os tipos litológicos dos Complexos Caraíba e Tanque Novo-Ipirá. Os corpos máfico-ultramáficos também estão localizados nessa zona magnética, principalmente nas porções central e sul, possivelmente associados às altas amplitudes. Essa zona reúne a grande maioria dos lineamentos magnéticos da área de estudo, inclusive alguns mais intensos, variando nas direções N-S, NW-SE e NE-SW. Os limites de ZM-9 com ZM-1, ZM-2 e ZM-4 são marcados por lineamentos N-S.

4.3. Análise integrada dos mapas

A correlação entre os resultados obtidos (Figuras 8 e 10) possibilita algumas discussões acerca das respostas geofísicas das rochas do Vale do Curaçá. A princípio, é interessante constatar que, em geral, os domínios e zonas geofísicas delimitadas seguem o *trend* regional N-S, marcante na evolução tectono-deformacional da área.

Toda a porção oeste do Vale do Curaçá, representada pelas rochas do gnaiss Arapuá, é bem marcada por baixa atividade radiométrica e magnética de DR-1 e ZM-1, respectivamente. Embora a litologia desse segmento denote a presença considerável de biotita e feldspato, nota-se um empobrecimento em K, além de importantes anomalias de Th e U (Figura 4). Considerando o relevo relativamente plano e pouco declivoso (Figura 5), isso pode estar relacionado à ação intempérica e dispersão fluvial, com a maior mobilidade do K em relação ao U e Th. Outra possibilidade seria a limitada percolação de fluidos hidrotermais nessa região como consequência da existência de poucos lineamentos estruturais e da distância do sienito de Itiúba, importante fonte de potássio.

O gnaiss Bom Despacho é parcialmente representado à SW por ZM-2 e DR-2 com expressão magnética bastante similar ao gnaiss Arapuá, mas com menor quantidade de lineamentos estruturais (Figura 9). Em outras regiões do Vale, essa unidade exhibe forte assinatura magnética que pode ser derivada da presença de intercalações de formações ferríferas bandadas. Por sua vez, o gnaiss Surubim apresentou anomalias de baixa atividade magnética (ZM-3) e radiométrica (DR-4a), possivelmente decorrente da resposta geofísica dos níveis gabroicos dessa litologia (Figura 9c).

No extremo norte da área de estudo, as unidades do Grupo Acauã e depósitos aluviais apresentaram baixa amplitude magnética e baixa atividade dos radioelementos, sendo coerentes com a assinatura de litotipos sedimentares. Na porção norte do Complexo Santa Luz (ZM-6 e DR-8), características similares foram observadas, permitindo inferir uma diferente litologia nesse segmento, possivelmente sedimentar, sugestão que pode ser aferida com mapeamentos de campo (Figuras 6 e 9). A zona de cisalhamento que gerou o milonito Serrote de Souza ocasionou

a percolação de fluidos com conseqüente enriquecimento em K e Th do domínio DR-6 e provavelmente acumulação de magnetita, dado o forte lineamento magnético da ZM-5 (Figura 9c). Por sua vez, alguns granitoides do Vale do Curaçá foram correlacionados a anomalias nos mapas gamaespectrométricos, mas não apresentaram contrastes magnéticos passíveis de identificação. Na ZM-9 e DR-11, as litologias dos Complexos Caraíba e Tanque Novo-Ipirá apresentaram assinaturas similares que não puderam ser desagregadas, inclusive com inúmeros lineamentos referentes a fraturas, falhas, zonas de cisalhamento e dobras.

Na margem oeste do Sienito de Itiúba, os mapas radiométricos revelaram significativa assinatura potássica do augen gnaisse Riacho da Onça (DR-5) (Figura 6a). Nos mapas magnéticos, essa mesma unidade apresentou-se bastante afetada por zonas de cisalhamento NE-SW e estruturas N-S (Figura 9). Com essa análise, é possível inferir que o augen gnaisse possivelmente se estende mais para norte da sua delimitação no mapa geológico da Figura 3.

4.4. Lineamentos estruturais magnéticos

Nos mapas CMT e PDV (Figura 9), podemos observar que há uma densidade de lineamentos magnéticos na área, com várias direções e níveis de intensidade, decorrentes de diferentes períodos da evolução tectônica e estrutural do Vale do Curaçá. A Figura 11 ilustra os lineamentos magnéticos interpretados, alguns dos quais identificados como estruturas importantes e já conhecidas do Vale do Curaçá (Delgado e Souza, 1975c; Kosin et al., 2004; Sobrinho et al., 2016; Sobrinho, 2019). É interessante notar que, de forma geral, as zonas de cisalhamento identificadas delimitam áreas com comportamentos radiométricos e magnéticos distintos, por vezes inferindo os limites de unidades geológicas, como no caso do Sienito de Itiúba.

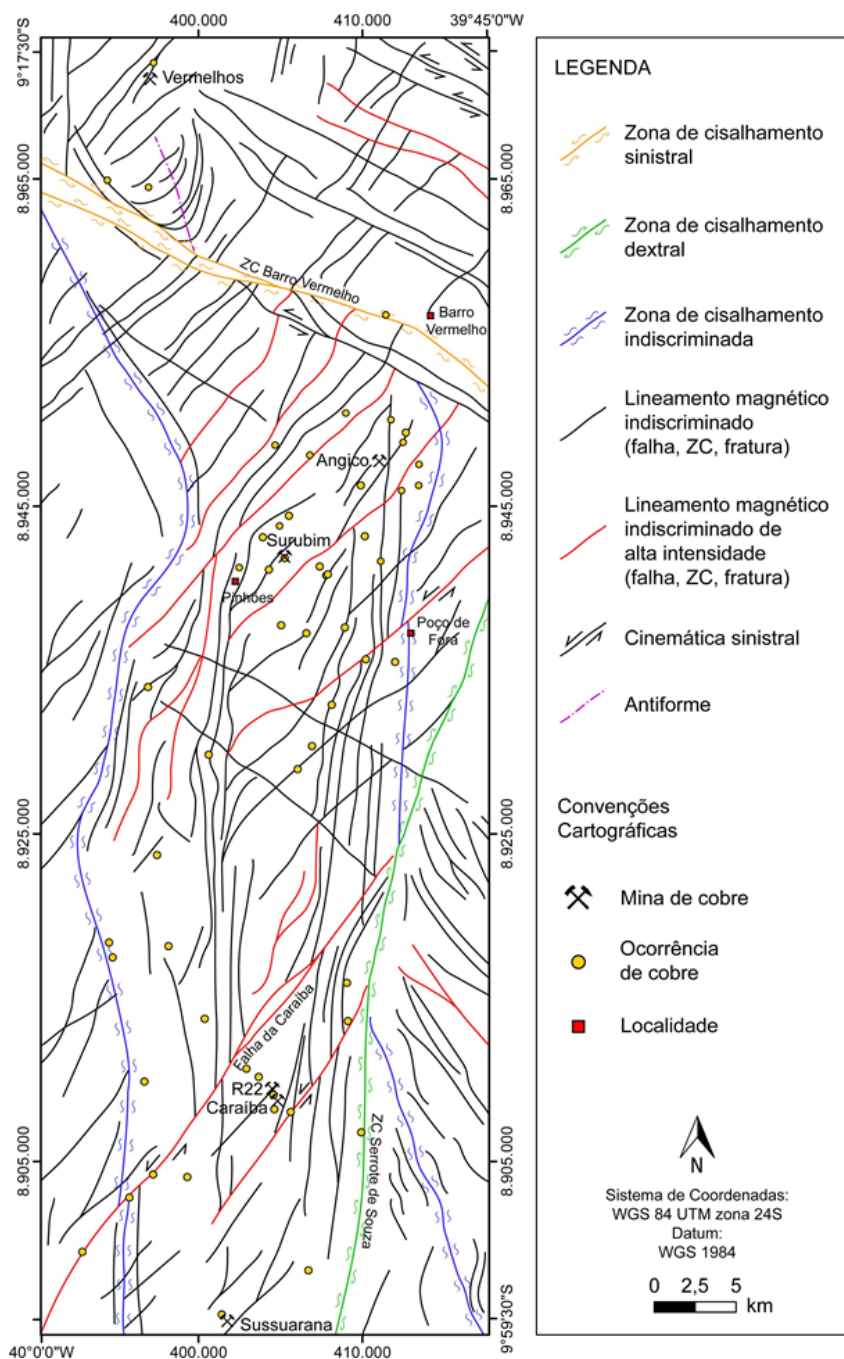


Figura 11: Mapa de lineamentos magnéticos interpretados, alguns dos quais identificados como estruturas já conhecidas do Vale do Rio Curaçá.

Nesse cenário, o contexto estrutural da área pode ser retratado pelo predomínio de lineamentos com *trend* NE-SW, que apresentam maior intensidade e, segundo relações de deslocamento e sobreposição, provavelmente correspondem às estruturas de falhas e zonas de cisalhamentos mais recentes, com cinemática sinistral predominante. Mais antigos, os *trends* estruturais N-S exibem menores intensidades magnéticas e são frequentemente truncados pelas

estruturas NE-SW. Ocorrem preferencialmente na porção central, associados principalmente aos ortognaisses do Complexo Caraíba, e são aparentemente limitados a leste e a oeste pelas zonas de cisalhamento N-S. Outro conjunto de lineamentos magnéticos, de direção NW-SE, é mais frequente nos segmentos norte e sudeste da área, principalmente na unidade do Complexo Santa Luz, e não apresenta uma correlação explícita com os demais *trends* estruturais.

4.5. Caracterização geofísica dos depósitos e ocorrências

As ocorrências de cobre estão distribuídas de forma irregular nos terrenos do Vale do Curaçá. De forma geral, estão correlacionadas com regiões de atividade radiométrica média a alta, estando frequentemente associadas a conteúdos anômalos Th e K (Figuras 4a e 4b). Por outro lado, há uma considerável variação das assinaturas magnéticas em relação a essas mineralizações, pois, embora as rochas hospedeiras máfico-ultramáficas comumente possuam alta susceptibilidade magnética, ocasionalmente pode prevalecer a expressão de baixa intensidade de rochas encaixantes, tais como gnaisses, ortognaisses e granodioritos.

Em termos estruturais, a maioria das ocorrências de cobre se concentra nas porções central e sul da área em foco, em espaço limitado por zonas de cisalhamento de diferentes cinemáticas (Figura 11). Grande parte dessas ocorrências exhibe afinidade com lineamentos estruturais de *trends* N-S e NE-SW. Por sua vez, mineralizações não vinculadas a *trends* estruturais podem indicar gênese de natureza primária, magmática, na qual o controle estrutural é pouco importante, principalmente quando associadas à fraca resposta radiométrica.

Os depósitos do Vale do Curaçá apresentam considerável variação quanto ao cenário gamaespectrométrico. Embora Garcia (2013) tenha relatado um sistema hidrotermal brando e potassificação limitada no depósito de Sussuarana, os mapas radiométricos dessa área manifestam, regionalmente, altos conteúdos de K, Th e U, assim como os depósitos de Caraíba e R22 (Figuras 4 e 6). Já os depósitos de Surubim e Angico exibem atividade radiométrica média a alta de Th e menos relevante potassificação. Por fim, o depósito de Vermelhos apresenta uma assinatura radiométrica diferenciada em relação aos demais depósitos pelo conteúdo anormalmente baixo de K, associado a alto Th (Figuras 4 e 6).

Os depósitos de Sussuarana, Caraíba, R22, e Angico, situados na unidade do Complexo Caraíba, exibem padrões de alta amplitude magnética. Por sua vez, a fraca assinatura magnética dos depósitos de Vermelhos e Surubim pode estar relacionada à expressiva hematitização desses depósitos, em substituição à magnetita metamórfica nessas fácies mais tardias e oxidadas do sistema IOCG, conforme reportado por Garcia (2013) (Figura 9). Além disso, a assinatura do depósito de Surubim e adjacências recebe ainda a influência da baixa susceptibilidade magnética das rochas gnáissicas dessa unidade. Assim como as ocorrências de cobre, esses depósitos se localizam próximos a lineamentos NE-SW, por vezes de alta intensidade (Figura 11).

5. CONCLUSÕES

A análise e interpretação dos mapas aeroradiométricos e aeromagnéticos possibilitaram o reconhecimento e a caracterização geofísica das unidades geológicas e feições estruturais do Vale do Rio Curaçá. Entretanto, os dados analisados refletem ainda a complexa evolução tectônica e deformacional da área. Dessa forma, os domínios e zonas geofísicas delimitadas reproduzem não apenas a assinatura radioativa e susceptibilidade magnética intrínsecas das rochas, mas também os processos posteriores aos quais elas foram submetidas, incluindo as alterações hidrotermais derivadas do sistema IOCG e a atuação intempérica.

Em termos da espectrometria de raios gama, o Vale do Rio Curaçá exhibe intensa atividade e conteúdos anômalos de tório, distribuído uniformemente, e de potássio, concentrado principalmente no maciço sienítico de Itiúba e adjacências. Por sua vez, o contexto magnético é caracterizado por amplitude variável e grande quantidade e diversificação de lineamentos. Predominam os *trends* estruturais NE-SW e N-S, frequentemente associados a ocorrências e depósitos de cobre.

Os depósitos de cobre do segmento sul (Sussuarana, Caraíba e R22) estão situados em um cenário de intensa resposta magnética e anomalias positivas de K, Th e U. A potassificação é bem menos expressiva nos depósitos de Surubim e Vermelhos, respectivamente nas porções central e norte, nos quais a reduzida atividade magnética pode ser resultado da alteração hematítica tardia do sistema IOCG.

Os mapas geofísicos apontaram a existência de uma área com forte anomalia radiométrica e alta amplitude magnética (subdomínio radiométrico 9b), contrastante com a assinatura do contexto geológico regional. A possível explicação decorre da percolação de fluidos hidrotermais pelas zonas de cisalhamento e falhas desse subdomínio, enriquecendo-o em radioelementos e magnetita secundária. A semelhança com a resposta geofísica de depósitos e ocorrências de cobre estimula maiores investigações nessa região quanto à possibilidade de mineralizações.

Em síntese, o presente estudo abordou uma nova compreensão do cenário geológico e estrutural do Vale do Rio Curaçá sob a perspectiva da aerogamaespectrometria e aeromagnetometria, almejando contribuir com a pesquisa de exploração mineral nessa importante província cuprífera. Nesse sentido, se faz interessante a comprovação dos resultados obtidos por meio da correlação com outros dados advindos de mapeamentos geológicos, levantamentos geofísicos, geoquímicos e estruturais.

6. REFERÊNCIAS

Angelin, L. A. A., Kosin, M., (2001). *Aracaju-NW, folha SC. 20-V, Estados da Bahia, Pernambuco e Piauí*. Escala 1: 500.000. Texto Explicativo. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB: CPRM/DIEDIG/DEPAT.

Barbosa, J. S. F., (1990). The granulites of the Jequié Complex and Atlantic Coast Mobile Belt, Southern Bahia, Brazil – An expression of Archean/Early Proterozoic plate convergence. In: *Granulites and crustal evolution*, (195–221), Springer. DOI: 10.1007/978-94-009-2055-2_11.

Barbosa, J. S. F., (1996). O embasamento arqueano e proterozóico inferior do Estado da Bahia. In: *Geologia da Bahia*, Texto Explicativo, (Cap. 3, 63–83), SME - SGM.

Barbosa, J. S. F., Sabaté, P. (2004). Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Cráton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precambrian Research*, 133, 1–27. DOI: 10.1016/j.precamres.2004.03.001.

Barbosa, J. S. F., Cruz, S. C. P., Souza, J. S. d. (2012). Terrenos Metamórficos do Embasamento. In: Barbosa, J S F et al., (coord.) *Geologia da Bahia: Pesquisa e atualização*. Salvador-Bahia: CBPM. (Série publicações especiais, v. 1, cap. 3, 101–201).

Conceição, H., Otero, O. M. F. (1996). *Magmatismo granítico e alcalino no Estado da Bahia: uma epítome do tema: Salvador*. Governo do Estado da Bahia, Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração, Superintendência de Geologia e Recursos Minerais.

Corrêa-Gomes, L. C., Conceição, H., Rosa, M. L. S., Conceição, R. V., Oliveira, M. O. C. (1996). Sienitos transamazônicos da borda Leste do Cráton do São Francisco, Bahia, Brasil. Colocação em regime transpressivo ou transtensivo?: *Congresso Brasileiro de Geologia SBG*, 39, Anais impressos, Salvador, Bahia, Brasil, 345–348.

D’el-Rey Silva, L. J. H. (1984). *Geologia e controle estrutural do depósito cuprífero caraíba, Vale do Curaçá, Bahia, Brasil*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

D’el-Rey Silva, L. J. H., Oliveira, J. G., Gaál, E. G. (1996). Implication of the Caraíba deposit’s structural controls on the emplacement of the Cu-bearing hyperstenites of the Curaçá Valley, Bahia, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 26, 181–196. DOI: 10.5327/RBG.V26I3.558.

Delgado, I. M., Souza, J. D. (1975a). *Projeto Cobre-Curaçá: Geologia econômica do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá - Bahia - Brasil*. Relatório final: I-A.

Delgado, I. M., Souza, J. D. (1975b). *Projeto Cobre-Curaçá: Geologia do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá - Bahia - Brasil*. Relatório final: II-A.

Delgado, I. M., Souza, J. D. (1975c). *Projeto Cobre-Curaçá: Mapas de pontos e caminhamento e mapas geológicos - Bahia - Brasil*. Relatório final: II-B.

Dickson, B. L., Scott, K. M. (1997). Interpretation of aerial gamma-ray surveys-adding the geochemical factors. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, 17, 187–200.

Garcia, P. M. P. (2013). *Metalogênese dos Depósitos Cupríferos de Caraíba, Surubim, Vermelhos e Sussuarana, Vale do Curaçá, Bahia, Brasil*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Garcia, P. M. P. (2017). *A Província Cuprífera do Nordeste Meridional: evolução dos processos e modelos metalogenéticos*. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Garcia, P. M. P., Teixeira, J. B. G., Misi, A., da Silva Sá, J. H., da Silva, M. d. G. (2018). Tectonic and metallogenic evolution of the Curaçá Valley Copper Province, Bahia, Brazil: A review based on new SHRIMP zircon U-Pb dating and sulfur isotope geochemistry. *Ore Geology Reviews*, 93, 361–381. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2018.01.007.

Gomes, G. R. (1998). *Tratamento de dados aeromagnéticos do Vale do Rio Curaçá na Bahia*. Monografia (Bacharel em Geofísica). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Hasui, Y., Del'Rey, L. J. H., Silva, F. J. L. E., Mandetta, P., Morais, J. d. A. C. d., Oliveira, J. G. d., Miola, W. (1982). Geology and copper mineralization of Curaçá river valley, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 12, 463–474.

Juliani, C., Monteiro, L. V., Fernandes, C. M. D. (2016). Potencial Mineral: Cobre. In: A. J. Melfi, A. Misi, D. de A. Campos, U. G. Cordani (Org.), *Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios* (134–153), Academia Brasileira de Ciências.

Killeen, P. G. (1979). Gamma ray spectrometric methods in uranium exploration – application and interpretation. Geological Survey of Canada, Economic Geology Report. In: Hood P. J. (Ed.), *Geophysics and Geochemistry in the Search for Metallic Ores* (volume 31, 163–229).

Kosin, M., Guimarães, J. T., Abram, M. B. (1999). *Aracaju-SW, folha SC. 24-Y*. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB: CPRM.

Kosin, M., Melo, R. C., Souza, J. D., Oliveira, E. P., Carvalho, M. J., Leite, C. M. M. (2003). Geologia do segmento norte do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá e Guia de Excursão. *Revista*

Brasileira de Geociências, 33, 15–26. DOI: 10.25249/0375-7536.200333S11526.

Kosin, M., Angelim, L. A. A., Souza, J. D., Guimarães, J. T., Teixeira, L. R., Martins, A. A. M., Bento, R. V., Santos, R. A., Vasconcelos, A. M., Neves, J. P., (2004). *Folha Aracaju SC. 24*. Escala 1:1.000.000: Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Programa Geologia do Brasil, CPRM.

LASA (2002). *Projeto Levantamento Aerogeofísico da Área Riacho Seco-Andorinha*. Relatório final, v. 5. Realização CBPM.

Leite, C. M. M. (2002). *A Evolução Geodinâmica da Orogênese Paleoproterozóica nas regiões de Capim Grosso-Jacobina e Pintadas-Mundo Novo (Bahia-Brasil): Metamorfismo, Anatexia e Tectônica*. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Lindenmayer, Z. G. (1982). *Evolução geológica do Vale do Curaçá e dos corpos máfico-ultramáficos mineralizados a cobre*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Luiz, J. G. (1977). *Reconhecimento geofísico da Faixa Mundo Novo – Sítio Davi, Bahia*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Maier, W. D., Barnes, S.-J. (1999). The origin of Cu sulfide deposits in the Curaçá Valley, Bahia, Brazil; evidence from Cu, Ni, Se, and Platinum-Group Element concentrations. *Economic Geology*, 94, 165–183. DOI: 10.2113/gsecongeo.94.2.165.

Mandetta, P. (1986). *Aspectos geológicos e petrogenéticos das associações máfico-ultramáficas da região de Caraíba, Vale do Curaçá/BA*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Melo, R. C., Loureiro, H. S. C., Pereira, L. H. M. (1995). *Serrinha, folha SC. 24-Y-D: Estado da Bahia*. Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB: CPRM.

Mendonça, R. J., Rodriguez, P. C., Xavier, F. V. C., Viana, B. H. d. C. (2018). *2018 Updated Mineral Resources and Mineral Reserves Statements of Mineração Caraíba's Vale do Curaçá Mineral Assets, Curaçá Valley*. Relatório técnico, Ero Copper Corp.

Menezes Leal, A. B., Barbosa, J. S. F., Corrêa-Gomes, L. C. (2012a). Corpos Máficos-Ultramáficos. In: Barbosa, J S F et al., (coord.) *Geologia da Bahia: Pesquisa e atualização*. Salvador-Bahia: CBPM. (Série publicações especiais, v. 1, cap. 7, 443–483).

Menezes Leal, A. B., Corrêa-Gomes, L. C., Guimarães, J. T. (2012b). Diques Máficos. In: Barbosa, J S F et al., (coord.) *Geologia da Bahia: Pesquisa e atualização*. Salvador-Bahia: CBPM (Série publicações especiais, v. 2, cap. 12, 199–232).

Misi, A., Teixeira, J. B. G., Sá, J. H. S. (2012). Mapa metalogenético digital do Estado da Bahia e principais províncias minerais: CBPM. (Série Publicações Especiais).

Oliveira, E. P., Tarney, J. (1995). Genesis of the Precambrian copper-rich Caraíba hypersthenite-norite complex, Brazil. *Mineralium Deposita*, 30, 351–373. DOI: 10.1007/BF00202279.

Oliveira, E. P., Windley, B. F., McNaughton, N. J., Pimentel, M., Fletcher, I. R. (2004). Contrasting copper and chromium metallogenic evolution of terranes in the Paleoproterozoic Itabuna-Salvador-Curaçá orogeny, São Francisco craton, Brazil: new zircon (SHRIMP) and Sm-Nd (model) ages and their significance for orogen-parallel escape tectonics. *Precambrian Research*, 128, 143–165. DOI: 10.1016/j.precamres.2003.09.018

Oliveira, E. P., Silveira, E. M., Söderlund, U., Ernst, R., McNaughton, N., Leal, A. (2011). Precise New U–Pb ages of Precambrian Mafic Dykes and Sills from the São Francisco Craton, Brazil, and their tectonic and metallogenic implications. *Gondwana 14 Conference, Abstracts* v.43, 25–30. Buzios, Brazil.

Padilha, A. V., Melo, R. C. (1991). Evolução Geológica. In: Melo, R. C., (Org.) *Pintadas, folha SC-24-Y-D-V*. Texto Explicativo. Escala 1:100.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB (cap. 8, 129–157). DNPM/CPRM.

Rios, D. C., Davis, D. W., Conceição, H., Davis, W., Rosa, M. d. L. d. S., Dickin, A. (2009). Geologic evolution of the Serrinha nucleus granite–greenstone terrane (NE Bahia, Brazil) constrained by U–Pb single zircon geochronology. *Precambrian Research*, 170, 175–201. DOI: 10.1016/j.precamres.2008.10.001.

Sato, H. K., Gomes, G. R., Sampaio, E. E. S. (1998). Processing and interpretation of the aeromagnetic data from Curaçá River Valley at Bahia, Brazil. *SEG Technical Program Expanded Abstracts 1998*, 744–747, Society of Exploration Geophysicists. DOI: 10.1190/1.1820576.

Silva, L. C., McNaughton, N. J., Melo, R. C., Fletcher, I. R. (1997). U-Pb SHRIMP ages in the Itabuna-Caraíba TTG high-grade complex: the first window beyond the Paleoproterozoic overprinting of the eastern Jequié Craton, NE Brazil. *2nd Intern. Simp. Granites and Assoc. Mineralizations*. Salvador, Bahia, Brasil, 282–283.

Silva, R. W. S. (1974). *Métodos integrados de prospecção geofísica na área da Fazenda Poço da Vaca – Bahia*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Silva, W. S., Sampaio, E. E. S. (2017). *Geofísica na Bahia: estudos geológicos e exploração mineral*: CBPM.

Sobrinho, V. R. S., Neves, J. P. d., Pereira, L. H. M., Macêdo, L. d. L., Mota, E. L., Santiago, R. C., Carvalho, C. M. B., Teixeira, L. R. (2016). *Pinhões, folha SC. 24-V-D-V: Estado da Bahia*. Escala 1:100.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB: CPRM.

Sobrinho, V. R. S. (2019). *Projeto Chorrochó-Macururé: Barro Vermelho, folha SC. 24-V-D-II: Estado da Bahia*. Escala 1:100.000. Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral: CPRM.

Teixeira, L. R. (1997). *O Complexo Caraíba e a Suíte São José do Jacuípe no Cinturão Salvador-Curaçá (Bahia, Brasil): petrologia, geoquímica e potencial metalogenético*. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Teixeira, J. B. G., Silva, M. G., Lindenmayer, Z. G., D'el-Rey Silva, L. J. H., Vasconcelos, P. M., Reis, C. H. C., Andrade, J. B. F. (2010). IV - Depósitos de Cobre do Vale do Rio Curaçá, Bahia. In: Brito, R. S. C., Silva, M. G., Kuyumjian, R. M. (Eds.), *Modelos de Depósitos de Cobre do Brasil e sua Resposta do Intemperismo (73–95)* Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angelin, L. A. A., Kosin, M., (2001). *Aracaju-NW, folha SC. 20-V, Estados da Bahia, Pernambuco e Piauí*. Escala 1: 500.000. Texto Explicativo. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB: CPRM/DIEDIG/DEPAT.

Barbosa, J. S. F., (1990). The granulites of the Jequié Complex and Atlantic Coast Mobile Belt, Southern Bahia, Brazil – An expression of Archean/Early Proterozoic plate convergence. In: *Granulites and crustal evolution, (195–221)*, Springer. DOI: 10.1007/978-94-009-2055-2_11.

Barbosa, J. S. F., (1996). O embasamento arqueano e proterozóico inferior do Estado da Bahia. In: *Geologia da Bahia*, Texto Explicativo, (Cap. 3, 63–83), SME - SGM.

Barbosa, J. S. F., Sabaté, P. (2004). Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Cráton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precambrian Research*, 133, 1–27. DOI: 10.1016/j.precamres.2004.03.001.

Barbosa, J. S. F., Cruz, S. C. P., Souza, J. S. d. (2012). Terrenos Metamórficos do Embasamento. In: Barbosa, J S F et al., (coord.) *Geologia da Bahia: Pesquisa e atualização*. Salvador-Bahia: CBPM. (Série publicações especiais, v. 1, cap. 3, 101–201).

Conceição, H., Otero, O. M. F. (1996). *Magmatismo granítico e alcalino no Estado da Bahia: uma epítome do tema: Salvador*. Governo do Estado da Bahia, Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração, Superintendência de Geologia e Recursos Minerais.

Corrêa-Gomes, L. C., Conceição, H., Rosa, M. L. S., Conceição, R. V., Oliveira, M. O. C. (1996). Sienitos transamazônicos da borda Leste do Cráton do São Francisco, Bahia, Brasil. Colocação em regime transpressivo ou transtensivo?: *Congresso Brasileiro de Geologia SBG*, 39, Anais impressos, Salvador, Bahia, Brasil, 345–348.

D'el-Rey Silva, L. J. H. (1984). *Geologia e controle estrutural do depósito cuprífero caraíba, Vale do Curaçá, Bahia, Brasil*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

D'el-Rey Silva, L. J. H., Oliveira, J. G., Gaál, E. G. (1996). Implication of the Caraíba deposit's structural controls on the emplacement of the Cu-bearing hyperstenites of the Curaçá Valley, Bahia, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 26, 181–196. DOI: 10.5327/RBG.V26I3.558.

Delgado, I. M., Souza, J. D. (1975a). *Projeto Cobre-Curaçá: Geologia econômica do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá - Bahia - Brasil*. Relatório final: I-A.

Delgado, I. M., Souza, J. D. (1975b). *Projeto Cobre-Curaçá: Geologia do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá - Bahia - Brasil*. Relatório final: II-A.

Delgado, I. M., Souza, J. D. (1975c). *Projeto Cobre-Curaçá: Mapas de pontos e caminhamento e mapas geológicos - Bahia - Brasil*. Relatório final: II-B.

Dentith, M., Mudge, S. T. (2014). *Geophysics for the mineral exploration geoscientist*. Cambridge: Cambridge University Press.

Dickson, B. L., Scott, K. M. (1997). Interpretation of aerial gamma-ray surveys-adding the geochemical factors. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, 17, 187–200.

Garcia, P. M. P. (2013). *Metalogênese dos Depósitos Cupríferos de Caraíba, Surubim, Vermelhos e Sussuarana, Vale do Curaçá, Bahia, Brasil*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Garcia, P. M. P. (2017). *A Província Cuprífera do Nordeste Meridional: evolução dos processos e modelos metalogenéticos*. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Garcia, P. M. P., Teixeira, J. B. G., Misi, A., da Silva Sá, J. H., da Silva, M. d. G. (2018). Tectonic and metallogenic evolution of the Curaçá Valley Copper Province, Bahia, Brazil: A review based on new SHRIMP zircon U-Pb dating and sulfur isotope geochemistry. *Ore Geology Reviews*, 93, 361–381. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2018.01.007.

Gomes, G. R. (1998). *Tratamento de dados aeromagnéticos do Vale do Rio Curaçá na Bahia*. Monografia (Bacharel em Geofísica). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Groves, D. I., Bierlein, F. P., Meinert, L. D., Hitzman, M. W. (2010). Iron oxide copper-gold (IOCG) deposits through Earth history: Implications for origin, lithospheric setting, and distinction from other epigenetic iron oxide deposits. *Economic Geology*, 105(3), 641-654. DOI: 10.2113/gsecongeo.105.3.641.

Hasui, Y., Del'Rey, L. J. H., Silva, F. J. L. E., Mandetta, P., Morais, J. d. A. C. d., Oliveira, J. G. d., Miola, W. (1982). Geology and copper mineralization of Curaçá river valley, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 12, 463–474.

Hitzman, M. W. (2000). Iron oxide-Cu-Au deposits: What, where, when, and why. In: T. M. Porter (Ed.), *Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective*, (Volume 1, 9-25).

Hitzman, M. W., Valenta, R. K. (2005). Uranium in iron oxide-copper-gold (IOCG) systems. *Economic Geology*, 100(8), 1657-1661. DOI: 10.2113/gsecongeo.100.8.1657.

Hühn, S. R. B. (2018). *Mapeamento do potencial mineral, tipo IOCG, de idades paleo e neoproterozóicas: o exemplo dos Distritos Cupríferos do Vale do Curaçá e Riacho do Pontal, Bahia*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil.

IAEA - International Atomic Energy Agency (2003). *Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data*. IAEA-TECDOC-1363, 173.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020). *Base cartográfica*. Acesso em 2 de outubro de 2020, < <https://mapas.ibge.gov.br/>>.

Juliani, C., Monteiro, L. V., Fernandes, C. M. D. (2016). Potencial Mineral: Cobre. In: A. J. Melfi, A. Misi, D. de A. Campos, U. G. Cordani (Org.), *Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios* (134–153), Academia Brasileira de Ciências.

Kearey, P., Brooks, M., Hill, I. (2009). *Geofísica de exploração: Tradução Maria Cristina Moreira Coelho*. São Paulo: Oficina de Textos.

Killeen, P. G. (1979). Gamma ray spectrometric methods in uranium exploration – application and interpretation. Geological Survey of Canada, Economic Geology Report. In: Hood P. J. (Ed.), *Geophysics and Geochemistry in the Search for Metallic Ores* (volume 31, 163–229).

Kosin, M., Guimarães, J. T., Abram, M. B. (1999). *Aracaju-SW, folha SC. 24-Y*. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB: CPRM.

Kosin, M., Melo, R. C., Souza, J. D., Oliveira, E. P., Carvalho, M. J., Leite, C. M. M. (2003). Geologia do segmento norte do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá e Guia de Excursão. *Revista Brasileira de Geociências*, 33, 15–26. DOI: 10.25249/0375-7536.200333S11526.

Kosin, M., Angelim, L. A. A., Souza, J. D., Guimarães, J. T., Teixeira, L. R., Martins, A. A. M., Bento, R. V., Santos, R. A., Vasconcelos, A. M., Neves, J. P., (2004). *Folha Aracaju SC. 24*. Escala 1:1.000.000: Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Programa Geologia do Brasil, CPRM.

LASA (2002). *Projeto Levantamento Aerogeofísico da Área Riacho Seco-Andorinha*. Relatório final, v. 5. Realização CBPM.

Leite, C. M. M. (2002). *A Evolução Geodinâmica da Orogênese Paleoproterozóica nas regiões de Capim Grosso-Jacobina e Pintadas-Mundo Novo (Bahia-Brasil): Metamorfismo, Anatexia e Tectônica*. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Lindenmayer, Z. G. (1982). *Evolução geológica do Vale do Curaçá e dos corpos máfico-ultramáficos mineralizados a cobre*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências,

Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Luiz, J. G. (1977). *Reconhecimento geofísico da Faixa Mundo Novo – Sítio Davi, Bahia*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Maier, W. D., Barnes, S.-J. (1999). The origin of Cu sulfide deposits in the Curaçá Valley, Bahia, Brazil; evidence from Cu, Ni, Se, and Platinum-Group Element concentrations. *Economic Geology*, 94, 165–183. DOI: 10.2113/gsecongeo.94.2.165.

Mandetta, P. (1986). *Aspectos geológicos e petrogenéticos das associações máfico-ultramáficas da região de Caraíba, Vale do Curaçá/BA*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Melo, R. C., Loureiro, H. S. C., Pereira, L. H. M. (1995). *Serrinha, folha SC. 24-Y-D: Estado da Bahia*. Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB: CPRM.

Melo, A. T., Li, Y., Hitzman, M. (2020). Is there hidden potential in Carajás? Insights through the geophysical signature of Cristalino deposit. *Ore Geology Reviews*, 126, 103735. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2020.103735.

Mendonça, R. J., Rodriguez, P. C., Xavier, F. V. C., Viana, B. H. d. C. (2018). *2018 Updated Mineral Resources and Mineral Reserves Statements of Mineração Caraíba's Vale do Curaçá Mineral Assets, Curaçá Valley*. Relatório técnico, Ero Copper Corp.

Menezes Leal, A. B., Barbosa, J. S. F., Corrêa-Gomes, L. C. (2012a). Corpos Máficos-Ultramáficos. In: Barbosa, J S F et al., (coord.) *Geologia da Bahia: Pesquisa e atualização*. Salvador-Bahia: CBPM. (Série publicações especiais, v. 1, cap. 7, 443–483).

Menezes Leal, A. B., Corrêa-Gomes, L. C., Guimarães, J. T. (2012b). Diques Máficos. In: Barbosa, J S F et al., (coord.) *Geologia da Bahia: Pesquisa e atualização*. Salvador-Bahia: CBPM (Série publicações especiais, v. 2, cap. 12, 199–232).

Misi, A., Teixeira, J. B. G., Sá, J. H. S. (2012). Mapa metalogenético digital do Estado da Bahia e principais províncias minerais: CBPM. (Série Publicações Especiais).

Nabighian, M. N. (1972). The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, 37(3), 507-517. DOI: 10.1190/1.1440276.

Oliveira, E. P., Tarney, J. (1995). Genesis of the Precambrian copper-rich Caraíba hypersthenite-norite complex, Brazil. *Mineralium Deposita*, 30, 351–373. DOI: 10.1007/BF00202279.

Oliveira, E. P., Windley, B. F., McNaughton, N. J., Pimentel, M., Fletcher, I. R. (2004). Contrasting copper and chromium metallogenic evolution of terranes in the Paleoproterozoic Itabuna-Salvador-Curaçá orogeny, São Francisco craton, Brazil: new zircon (SHRIMP) and Sm-Nd (model) ages and their significance for orogen-parallel escape tectonics. *Precambrian Research*, 128, 143–165. DOI: 10.1016/j.precamres.2003.09.018

Oliveira, E. P., Silveira, E. M., Söderlund, U., Ernst, R., McNaughton, N., Leal, A. (2011). Precise New U–Pb ages of Precambrian Mafic Dykes and Sills from the São Francisco Craton, Brazil, and their tectonic and metallogenic implications. *Gondwana 14 Conference*, Abstracts v.43, 25–30. Buzios, Brazil.

Padilha, A. V., Melo, R. C. (1991). Evolução Geológica. In: Melo, R. C., (Org.) *Pintadas, folha SC-24-Y-D-V*. Texto Explicativo. Escala 1:100.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB (cap. 8, 129–157). DNPM/CPRM.

Rios, D. C., Davis, D. W., Conceição, H., Davis, W., Rosa, M. d. L. d. S., Dickin, A. (2009). Geologic evolution of the Serrinha nucleus granite–greenstone terrane (NE Bahia, Brazil) constrained by U–Pb single zircon geochronology. *Precambrian Research*, 170, 175–201. DOI: 10.1016/j.precamres.2008.10.001.

Sant’Ana, T. C. S. (2018). *Análise de Dados da Resistividade Complexa Aparente Conjugando Polarização Induzida Espectral e Acoplamento Eletromagnético*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Sant’Ana, T. C. S., Sampaio, E. E. S. (2018). Analysis of complex apparent resistivity data conjugating spectral induced polarization and electromagnetic coupling. *Brazilian Journal of Geophysics*, 36, 297–305.

Sato, H. K., Gomes, G. R., Sampaio, E. E. S. (1998). Processing and interpretation of the aeromagnetic data from Curaçá River Valley at Bahia, Brazil. *SEG Technical Program Expanded Abstracts 1998*, 744–747, Society of Exploration Geophysicists. DOI: 10.1190/1.1820576.

Silva, R. W. S. (1974). *Métodos integrados de prospecção geofísica na área da Fazenda Poço da Vaca – Bahia*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Silva, L. C., McNaughton, N. J., Melo, R. C., Fletcher, I. R. (1997). U-Pb SHRIMP ages in the Itabuna-Caraíba TTG high-grade complex: the first window beyond the Paleoproterozoic overprinting of the eastern Jequié Craton, NE Brazil. *2nd Intern. Simp. Granites and Assoc. Mineralizations*. Salvador, Bahia, Brasil, 282–283.

Silva, W. S., Sampaio, E. E. S. (2017). *Geofísica na Bahia: estudos geológicos e exploração mineral*: CBPM.

Smith, R. J. (2002). Geophysics of iron oxide copper-gold deposits. In: T. M. Porter (Ed.), *Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective*, (Volume 2, 357-367).

Sobrinho, V. R. S., Neves, J. P. d., Pereira, L. H. M., Macêdo, L. d. L., Mota, E. L., Santiago, R. C., Carvalho, C. M. B., Teixeira, L. R. (2016). *Pinhões, folha SC. 24-V-D-V: Estado da Bahia*. Escala 1:100.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB: CPRM.

Sobrinho, V. R. S. (2019). *Projeto Chorochó-Macururé: Barro Vermelho, folha SC. 24-V-D-II: Estado da Bahia*. Escala 1:100.000. Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral: CPRM.

Teixeira, L. R. (1997). *O Complexo Caraíba e a Suíte São José do Jacuípe no Cinturão Salvador-Curaçá (Bahia, Brasil): petrologia, geoquímica e potencial metalogenético*. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Teixeira, J. B. G., Silva, M. G., Lindenmayer, Z. G., D'el-Rey Silva, L. J. H., Vasconcelos, P. M., Reis, C. H. C., Andrade, J. B. F. (2010). IV - Depósitos de Cobre do Vale do Rio Curaçá, Bahia. In: Brito, R. S. C., Silva, M. G., Kuyumjian, R. M. (Eds.), *Modelos de Depósitos de Cobre do Brasil e sua Resposta do Intemperismo (73–95)* Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Vasconcellos, R. M. d., Metelo, M. J., Motta, A. C., Gomes, R. D. (1990). *Geofísica em levantamentos geológicos no Brasil*. Rio de Janeiro: CPRM.

ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA GEOLOGIA USP – SÉRIE CIENTÍFICA

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

ESCOPO E POLÍTICA

Objetivos e Política Editorial

1. A revista Geologia USP destina-se à publicação de trabalhos inéditos nas diversas áreas da geologia.
2. Os conceitos emitidos bem como as referências bibliográficas são de total e exclusiva responsabilidade dos autores.
3. Ao Conselho Editorial compete a pré-análise do material enviado, qualificando-o ou não, num primeiro momento, para publicação na Geologia USP. Isto não impede que o artigo possa ser recusado, durante a fase de análise crítica, pelos relatores indicados pelo Conselho Editorial.
4. Passando pela primeira fase de julgamento, o artigo será submetido à análise crítica de, pelo menos, dois relatores indicados pelo Conselho Editorial.
5. Os trabalhos retornarão aos autores juntamente com os pareceres dos relatores para as providências necessárias.
6. Efetuadas as alterações, retornar a nova versão do manuscrito para a Seção de Publicações, que as encaminhará aos relatores para reavaliação do trabalho.
7. Estando o artigo apto para publicação, após avaliação final dos relatores e do Conselho Editorial, a Seção de Publicações entrará em contato com os autores para que enviem os arquivos digitais.
8. O Abstract será revisado por profissional contratado para essa função. Essa revisão será enviada ao autor para sua concordância.
9. A correção da prova final do trabalho, antes da impressão, será feita pelos próprios autores. Nesta fase do processo, não mais serão aceitas modificações.
10. Separatas, se desejadas, serão custeadas pelos autores

FORMA E APRESENTAÇÃO DOS MANUSCRITOS

Apresentação do Artigo

1. **Página de rosto** – deverá conter três títulos: em português, em inglês e um título curto no idioma principal do manuscrito com no máximo 50 caracteres, contando os espaços; nome completo e instituição de origem dos autores; endereço completo do autor principal (logradouro, CEP, cidade, estado, país, caixa postal e telefone para contato), e-mail de todos os autores; número de palavras; total de figuras e de tabelas.
2. **Resumo e Abstract** – em um único parágrafo, devem ser concisos, com no máximo 270 palavras. Textos mais longos devem vir acompanhados de justificativa circunstanciada.
3. **Palavras-chave e keywords** – máximo de seis, separadas por ponto e vírgula, com a primeira letra em maiúscula. Ex.: Bacia do Araripe; Quaternário; Fácies; Depósitos magmáticos.

Os descritores em inglês devem acompanhar os termos em português.

4. **Texto principal** – poderá ser redigido em português ou inglês. Elaborar em Word, fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço simples. O tamanho máximo aceito para publicação é de 25 páginas, incluindo texto, resumo, abstract, tabelas, figuras e referências bibliográficas. Trabalhos mais longos podem ser aceitos desde que argumentos científicos que os justifiquem sejam apresentados e aceitos.
 - a) Na fase de submissão, inserir numeração de páginas, bem como as figuras, tabelas e legendas.
 - b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras e tabelas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras e tabelas.
5. **Títulos e subtítulos** – utilizar a formatação abaixo:

NÍVEL 1 – NEGRITO, CAIXA ALTA.

Nível 2 – Negrito, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais.

Nível 3 – Itálico, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).

Nível 4 – Caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).

6. **Tabelas e quadros** – considerar quadro como tabela. Elaborar em Word, no modo ?tabela?, com formato aberto, fonte Arial, tamanho 8. Obedecer as medidas: 8,2 cm (uma coluna) ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda. Tabelas muito extensas deverão ser divididas.

- a) Na fase de submissão, inserir as tabelas no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial.
- b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as tabelas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das tabelas.
7. **Ilustrações** – mapas, fotos, figuras, gráficos, pranchas, fotomicrografias etc., considerar como figuras. Utilizar fonte Arial, tamanho 9. Obedecer as medidas: 8,2 cm (uma coluna) ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda. Deverão estar em formato JPEG, TIFF ou EPS, com resolução mínima de 300 dpi.
- a) Na fase de submissão, inserir as figuras no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial.
- b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras.
8. **Citações no texto** – exemplos de citação direta / citação indireta:
- a) **Um autor**
Santos (1980) / (Santos, 1980)
- b) **Dois autores**
Norton e Long (1995) / (Norton e Long, 1980)
- c) **Mais de dois autores**
Moorbath et al. (1992) / (Moorbath et al., 1992)
- d) **Congressos, conferências, seminários etc.**
No Congresso Brasileiro de Geologia (1984) / (Congresso Brasileiro de Geologia, 1984)
- e) **Vários trabalhos de diferentes autores**
Smith (1985), Rose e Turner (1986) e Johnson et al. (1990) / (Smith, 1985; Rose e Turner, 1986; Johnson et al., 1990)
- f) **Citação de vários trabalhos de um mesmo autor**
Smith (1979a, 1979b, 1981) / (Smith, 1979a, 1979b, 1981)
9. **Referências** – listar no final do texto, em ordem alfabética de autores e, dentro dessa sequência, em ordem cronológica. A exatidão das referências bibliográficas é de inteira responsabilidade dos autores.

Exemplos de referências:

a) Livro com um autor

Middlemost, E. A. K. (1997). *Magmas, rocks and planetary development: A Survey of Magma/Igneous Rock Systems*. Harlow: Longman.

b) Livro com dois autores

Anderson, M. P., Woessner, W. W. (1992). *Applied groundwater modeling. Simulation of low and advective transport*. San Diego: Academic Press.

c) Livro com três ou mais autores

Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. L. V., Craig, L. E., Smith, A., Smith, D. (1989). *A geologic time scale* (2a ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

d) Capítulo de livro

Almeida, F. F. M., Amaral, G., Cordani, U. G., Kawashita, K. (1973). The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of Amazonas River. In: A. E. Nairn, F. G. Stille (Eds.), *The ocean basin and margins* (v. 1, 411-446). New York: Plenum.

(Exemplo de Publicação seriada)

L. Harris, N. , Pearce, J. , Tindle, A. (1986). Geochemical collision-zone magmatism. In: Coward M. P., Ries A. C.(ed.) *Collision tectonics*. London: Geological Society. 67-81. (Geological Society Special Publication, 19).

e) Artigo de periódico

Caffe, P. J., Soler, M. M., Coira, B. L., Cordani, U. G., Onoe, A. T. (2008). The granada ignimbrite: a compound pyroclastic unit and its relationship with upper miocene caldera volcanism in the northern Puna. *Journal of South American Earth Science*, 25(4), 464-484.

f) Trabalho apresentado em evento

Danni, J. C. M., Ribeiro, C. C. (1978). Caracterização estratigráfica da sequência vulcano-sedimentar de Pilar de Goiás e de Guarinos, Goiás. *XXX Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 2, 582-596. Recife: SBG.

g) Mapa

Inda, H. A. W., Barbosa, J. F. (1978). *Mapa Geológico do Estado da Bahia*. Escala 1:1.000.000. Salvador: Secretaria de Minas e Energia do Estado da Bahia/CBPM.

h) Teses e dissertações

Petta, A. R. (1995). *Estudo geoquímico e relações petrogenéticas do batólito múltiplo composto São Vicente/Caicó (RN-Brasil)*. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas ? UNESP.

i) Documentos em meio eletrônico

Livro

Sharkov, E. (2012). *Tectonics: Recent Advances*. Croatia: InTech, <<http://www.intechopen.com/books/tectonics-recent-advances>>.

Artigo de periódico

Soares, E. A., Tatum, S. H. (2010). OSL age determinations of pleistocene fluvial deposits in Central Amazonia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82(3), 691-699. Acesso em 14 de fevereiro de 2011, <<http://www.scielo.br/pdf/aabc/v82n3/17.pdf>>.

Trabalho apresentado em evento

Souza-Lima, W., Farias, R. M. (2007). A flora quaternária dos travertinos de Itabaiana, Sergipe. PALEO 2007 (p. 7). Itabaiana: SBP. Acesso em 18 de dezembro de 2008, <http://www.phoenix.org.br/Paleo2007_Boletim.pdf>.

j) Com numeração DOI

Livro

Zavattini, J. A. (2009). *As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática*. DOI: 10.7476/9788579830020.

Artigo de periódico

Evandro L. Kleina, E. L., Rodrigues, J. B., Lopesa, E. C. S., Gilvana L. Soledade, G. L. (2012). Diversity of Rhyacian granitoids in the basement of the Neoproterozoic-Early Cambrian Gurupi Belt, northern Brazil: Geochemistry, U?Pb zircon geochronology, and Nd isotope constraints on the Paleoproterozoic magmatic and crustal evolution. *Precambrian Research*, 220-221, 192-216, DOI: 10.1016/j.precamres.2012.08.007.