



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**



MAYELE LACERDA DE OLIVEIRA

**EVOLUÇÃO TECTONOMAGMÁTICA DAS ROCHAS MÁFICAS TONIANAS DA
BACIA MACAÚBAS: ATUALIZAÇÕES E REVISÃO**

MONOGRAFIA Nº 552

OURO PRETO

2025

MAYELE LACERDA DE OLIVEIRA

**EVOLUÇÃO TECTONOMAGMÁTICA DAS ROCHAS MÁFICAS TONIANAS DA
BACIA MACAÚBAS: ATUALIZAÇÕES E REVISÃO**

Monografia do Projeto Final de Curso
apresentado ao Departamento de
Geologia da Escola de Minas da
Universidade Federal de Ouro Preto como
requisito parcial para avaliação da
disciplina Projeto Final de Curso II –
GEO144, 2025/1

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Eugênia
Silva de Souza

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Cláudia dos
Santos

OURO PRETO

2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

O482e Oliveira, Mayele Lacerda de.

Evolução tectonomagmática das rochas máficas tonianas da Bacia Macaúbas [manuscrito]: atualizações e revisão. / Mayele Lacerda de Oliveira. - 2025.

128 f.: il.: color., gráf., tab., mapa. (Série: 552)

Orientadora: Profa. Dra. Maria Eugênia Silva de Souza.

Coorientadora: Profa. Dra. Cláudia dos Santos.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Tectônica. 2. Petrogênese. 3. Geoquímica. 4. Geologia isotópica. 5. Magmatismo. I. Souza, Maria Eugênia Silva de. II. Santos, Cláudia dos. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 550.42

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Mayele Lacerda de Oliveira

Evolução tectonomagmática das rochas máficas tonianas da Bacia Macaúbas: atualizações e revisão

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Geóloga

Aprovada em 18 de junho de 2025

Membros da banca

Professora Doutora Maria Eugênia Silva de Souza - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Professor Doutor Rodson de Abreu Marques (Universidade Federal de Ouro Preto)
Professora Doutora Alice Fernanda de Oliveira Costa (Universidade Federal de Ouro Preto)

Maria Eugênia Silva de Souza, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 26/06/2025



Documento assinado eletronicamente por **Maria Eugênia Silva de Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/06/2025, às 10:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0934668** e o código CRC **581900AF**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.007834/2025-08

SEI nº 0934668

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: 3135591600 - www.ufop.br

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho só foi possível graças a muitas pessoas especiais que caminharam comigo ao longo dessa jornada. Por isso, deixo aqui minha mais sincera gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para que esse momento se tornasse real.

A Deus, meu alicerce nos dias bons e principalmente nos difíceis, obrigada por nunca me deixar desistir do meu sonho.

À minha mãe, Maria do Carmo, às minhas irmãs, Ieda e Irenilda, à minha madrinha Maria e aos meus afilhados Alicia, Maria e Antônio: meu amor por vocês é imenso. Obrigada por estarem sempre comigo, torcendo, incentivando e acreditando em mim. Tudo que conquistei até aqui tem um pedacinho de vocês.

Às minhas orientadoras, Maria Eugênia e Claudia, meu muito obrigada por tanta dedicação, paciência e por me guiarem com sabedoria. Aos professores Issamu Tazava e Rodson, sou grata pelos ensinamentos e pelas boas reflexões que levarão comigo.

Aos amigos Dener e Marcos, obrigada pelas conversas geológicas (e sobre a vida também), pelos abraços e pelas palavras que confortaram quando mais precisei.

Aos amigos que fizeram essa caminhada mais leve e divertida: Natalia, Ivã, Weversson, Manu, Bruno, Bruna, Gi, Lanita, Diogo, Bolota, Bocão, Gostosa, André, Letícia, Preferência, Pock, Paulin, Carol, Paula, Rafa, Eduardo, Rodrigo, Igor e Boca, vocês foram parte essencial dessa jornada. Obrigada às repúblicas Butatan, Firma e Tira Mágoa por todo o acolhimento. Aos meus amigos de Diamantina que sempre levarei comigo no coração, obrigada por fazerem parte da minha história.

À República Nômades, minha alegria, obrigada por tudo. Em especial: Namoiita, Naz, Juju, Loty, Komi e Eva - que sorte a minha ter vivido isso com vocês.

E ao Fabio e Laura por toda ajuda!

RESUMO

O Supergrupo Macaúbas registra a evolução da bacia homônima, precursora do Orógeno Araçuaí, marcada por uma história policíclica com dois estágios de rifteamento sobrepostos no tempo e no espaço. O primeiro, de idade Toniana, corresponde a um aulacógeno preenchido por uma sequência vulcanossedimentar cuja gênese foi associada a LIP Bahia–Gangila. O segundo, separado do anterior por uma descontinuidade regional e datado do Criogeniano, inclui importantes depósitos glaciogênicos relacionados ao evento global *snowball Earth* e evoluiu para uma margem passiva parcialmente oceânica. Assim, a Bacia Macaúbas teria se desenvolvido como um golfo parcialmente ensialítico a norte, conectado ao Oceano Adamastor a sul, com registros de crosta oceânica. O rifte Toniano apresenta características típicas de riftes continentais, com depósitos siliciclásticos, vulcanossedimentares e magmatismo plutônico-vulcânico bimodal. Esse expressivo magmatismo inclui a Formação Planalto de Minas, composta por rochas máficas com fácies vulcânicas subaéreas a subaquosas atípicas, como pillow lavas, brechas, disjunções poliedrais, clastos fluidais e diques de epidossito. Apesar de os dados geoquímicos e isotópicos indicarem origem mantélica para esse magmatismo, a natureza incomum das fácies vulcânicas e seu contexto tectonomagmático ainda são pouco discutidos. A reavaliação dos dados geoquímicos disponíveis na literatura permitiu discutir essas particularidades e os efeitos da atuação de uma LIP sobre crosta continental resistente, já que o rifte Toniano da Bacia Macaúbas não culminou na ruptura da litosfera. Os dados geoquímicos indicam fontes mantélicas enriquecidas para parte do magmatismo, com assinaturas do tipo E-MORB, graus variados de contaminação crustal e diferenças na profundidade e nos processos de fusão. Além disto, outros magmatismos correlatos indicam fontes crustais, marcando, provavelmente, segmentos mais espessos da paleolitosfera, como ombreiras e altos estruturais do sistema rifte. Esse magmatismo anorogênico do Toniano Inferior (c. 965–870 Ma) provavelmente reflete múltiplos estágios tectonomagmáticos de um evento extensional do tipo rifte intracontinental, acompanhado e impulsionado por uma mesma LIP, cuja origem pode refletir a existência de uma pluma mantélica de longa duração.

Palavras-chave: LIP Bahia-Gangila, Rifte Toniano, Bacia Macaúbas, Magmatismo, Geoquímica Isotópica.

ABSTRACT

The Macaúbas Supergroup records the evolution of the homonymous basin, precursor to the Araçuaí Orogen, marked by a polycyclic history with two temporally and spatially overlapping rifting stages. The first, of Tonian age, corresponds to an aulacogen filled by a volcanosedimentary sequence whose genesis has been associated with the Bahia–Gangila LIP. The second, separated from the former by a regional unconformity and dated to the Cryogenian, includes significant glaciogenic deposits related to the global Snowball Earth event and evolved into a partially oceanic passive margin. Thus, the Macaúbas Basin would have developed as a partially ensialic gulf to the north, connected to the Adamastor Ocean to the south, with records of oceanic crust. The Tonian rift shows typical features of continental rifts, with siliciclastic and volcanosedimentary deposits, as well as bimodal plutonic–volcanic magmatism. This expressive magmatism includes the Planalto de Minas Formation, composed of mafic rocks with atypical subaerial to subaqueous volcanic facies, such as pillow lavas, breccias, polyhedral joints, fluidal clasts, and epidosite dikes. Although geochemical and isotopic data indicate a mantle origin for this magmatism, the unusual nature of the volcanic facies and its tectonomagmatic context are still poorly discussed. A re-evaluation of the geochemical data available in the literature allowed for a discussion of these particularities and of the effects of a LIP acting upon a resistant continental crust, since the Tonian rift of the Macaúbas Basin did not culminate in lithospheric breakup. The geochemical data indicate enriched mantle sources for part of the magmatism, with E-MORB-type signatures, varying degrees of crustal contamination, and differences in melting depth and processes. In addition, other related magmatic events indicate crustal sources, probably marking thicker segments of the paleolithosphere, such as rift shoulders and structural highs. This anorogenic magmatism of the Lower Tonian (ca. 965–870 Ma) likely reflects multiple tectonomagmatic stages of an intracontinental rifting event, both accompanied and driven by the same LIP, whose origin may reflect the existence of a long-lived mantle plume.

Keywords: Bahia–Gangila LIP, Tonian Rift, Macaúbas Basin, Magmatism, Isotopic Geochemistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. a) Os crátons São Francisco e Congo no contexto de Gondwana. b) O LIP Toniano Inferior no contexto dos crátons São Francisco e Congo, com seus remanescentes máficos e ultramáficos, assim como remanescentes ácidos relacionados (modificado de Correa-Gomes e Oliveira, 2000; Evans et al., 2016; Chaves et al., 2019). c) Seção transversal esquemática regional do Orógeno Araçuaí – Congo Ocidental (modificado de Alkmim et al., 2006; Souza et al. 2022). Estudos; (*) Formação Planalto de Minas - Souza et al. 2022; (1) Diques Máficos Formiga - Caxito et al. (2020a); (2) Suíte Pedro Lessa - Queiroga et al. (2012); (3) Formação Capelinha - Castro et al. (2019); (4) Sítio Novo - Moreira et al. (2020); (5) Sítio Novo - Danderfer et al. (2009); (6) Diques Máficos da Bahia - Evans et al. (2016); (7) Suíte Granítica Salto da Divisa - Silva et al. (2008); (8) Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia - Menezes et al. (2012); (9) Basalto Gangila - Tack et al. (2001); (10) Diques Sembé-Ouessou Comba - Vicat; Pouclet (1995); (11) Complexo Máfico-Ultramáfico Brejo Seco - Salgado et al. (2016); (12) Complexo Mayumba- Thiéblemont et al. (2009); (13) Faixa Oeste Congoleza - Pedrosa-Soares et al. (2016); (14) Salto da Divisa - Victoria (2017).18

Figura 2: Colunas estratigráficas do Supergrupo Macaúbas (modificado e atualizado a partir de Pedrosa-Soares et al., 2011; Souza, 2022). 1 – Souza et al., 2022; 2 – Babinski et al. (2012); 3 – Chemale et al. (2012); 4 – Castro et al. (2019); 5 – Martins et al. (2008); 6 – Kuchenbecker et al. (2015); 7 – Queiroga et al. (2007); 8 – Peixoto et al. (2015); 9 – Queiroga et al. (2012); 10 – Rosa et al. (2007); 11 – Victoria (2017); 12 – Martins et al. (2012); 23 – Amaral et al. (2020); 24 – Deluca et al. (2019); 25 – Silva et al. (2008); 26 – Menezes et al. (2012).22

Figura 3. a) Diagramas de classificação utilizando elementos maiores e traços para as rochas máficas metavulcânicas do Supergrupo Macaúbas a) Diagrama de álcalis totais versus sílica (TAS) (Le Maitre, 2002). b) Diagrama ternário Álcalis-FeO_t-MgO (Irvine e Baragar, 1971). c) Diagrama Zr-Nb-Y de Meschede (1986). d) Diagrama Th-Tb-Ta de Cabanis e Thiéblemont (1998). 1- Castro et al. (2019); 2 - Souza et al. (2022); 3 - Chula (1995); 4 - Uhlein (1991); 5 – Gradim et al. (2005); 6 – Dussin; Chemale (2012); 7 - Chaves et al. (2014); 8 – Chaves et al. (2019).30

Figura 4. a) Padrões de terras raras (REE) normalizados ao manto primitivo (McDonough e Sun, 1995). b) Diagrama Nb/Yb vs. Th/Yb de Pearce (2008). Os

vetores indicam a influência de componentes de subducção (S), enriquecimento intraplaca (W), contaminação crustal (C) Impressão digital geoquímica das rochas basálticas do Supergrupo Macaúbas e no diagrama Th/Nb vs. TiO_2/Yb . d) Diagrama La vs. La/Yb indicando um aumento no grau de fusão parcial do material rochoso parental e/ou um enriquecimento crescente da fonte. e) Diagrama multielementar tipo spidergram normalizado ao reservatório E-MORB (valores fornecidos por Sun e McDonough, 1989. 1- Castro et al. (2019); 2 - Souza et al. (2022); 3 - Chula (1995); 4 - Uhlein (1991); 5 - Gradim et al. (2005); 6 – Dussin; Chemale (2012); 7 - Chaves et al. (2019); 8 – Chaves et al. (2019).....31

Figura 5. a) O diagrama (La/Sm)N vs. (Gd/Yb)N indica uma fonte portadora de granada para os protólitos das rochas máficas metavulcânicas. Valores de normalização em condrito conforme Su; McDonough (1989). b) Diagrama (La/Sm)N vs. (Sm/Yb)N. As composições do líquido são calculadas para fusão parcial em batelada de uma fonte mantélica moderadamente empobrecida. As curvas de fusão são traçadas para lherzolita com espinélio, lherzolita com granada e uma mistura 50:50 de ambas. As composições modais da lherzolita com espinélio (olivina 53%, Opx 27%, Cpx 17%, espinélio 3%) e da lherzolita com granada (olivina 60%, Opx 20%, Cpx 10%, granada 10%) seguem Kinzler (1997) e Walter (1998). Os coeficientes de partição mineral/líquido para líquidos basálticos seguem a compilação de Rollinson (1993). As composições do Manto Primitivo, N-MORB, E-MORB e OIB são de Sun; McDonough (1989). c) Diagrama La/Ba versus La/Nb com campos de referência de Saunders et al. (1992). 1- Castro et al. (2019); 2 - Souza et al. (2022); 3 - Chula (1995); 4 - Uhlein (1991); 5 - Gradim et al. (2005); 6 – Dussin; Chemale (2012); 7 - Chaves et al. (2019); 8 – Chaves et al. (2019).34

Figura 6. a) Diagramas de classificação utilizando elementos maiores e traços para as rochas máficas metavulcânicas da contraparte brasileira do paleocontinente São Francisco-Congo a) Diagrama de álcalis totais versus sílica (TAS) (Le Maitre, 2002). b) Diagrama ternário Álcalis-FeOt-MgO (Irvine; Baragar, 1971). c) Diagrama Zr-Nb-Y de Meschede (1986). d) Diagrama Th-Tb-Ta de Cabanis; Thiéblemont (1998). 1- Chaves et al. (2019); 2 - Caxito et al. (2022); 3 - Tanner de Oliveira (1989); 4 - Barbosa et al. (2005); 5 - Moreira et al. (2020); 6 - Caxito et al. (2014); 7 - Victoria et al. (2022).36

Figura 7. a) Padrões de terras raras (REE) normalizados ao manto primitivo (McDonough; Sun, 1995). b) Diagrama Nb/Yb vs. Th/Yb de Pearce (2008). Os vetores

indicam a influência de componentes de subducção (S), enriquecimento intraplaca (W), contaminação crustal (C) Impressão digital geoquímica das rochas basálticas da contraparte africana no paleocontinente São Francisco-Congo e no diagrama Th/Nb vs. TiO_2/Yb . d) Diagrama La vs. La/Yb indicando um aumento no grau de fusão parcial do material rochoso parental e/ou um enriquecimento crescente da fonte. e) Diagrama multielementar tipo spidergram normalizado ao reservatório E-MORB (valores fornecidos por Sun; McDonough, 1989). 1- Chaves et al. (2019); 2 - Caxito et al. (2022); 3 - Tanner de Oliveira (1989); 4 - Barbosa et al. (2005); 5 - Moreira et al. (2020); 6 - Caxito et al. (2014); 7 - Victoria et al. (2022).....38

Figura 8. a) O diagrama (La/Sm)_N vs. (Gd/Yb)_N indica uma fonte portadora de granada para os protólitos das rochas máficas metavulcânicas. Valores de normalização em condrito conforme Su; McDonough (1989). b) Diagrama (La/Sm)_N vs. (Sm/Yb)_N. As composições do líquido são calculadas para fusão parcial em batelada de uma fonte mantélica moderadamente empobrecida. As curvas de fusão são traçadas para lherzolita com espinélio, lherzolita com granada e uma mistura 50:50 de ambas. As composições modais da lherzolita com espinélio (olivina 53%, Opx 27%, Cpx 17%, espinélio 3%) e da lherzolita com granada (olivina 60%, Opx 20%, Cpx 10%, granada 10%) seguem Kinzler (1997) e Walter (1998). Os coeficientes de partição mineral/líquido para líquidos basálticos seguem a compilação de Rollinson (1993). As composições do Manto Primitivo, N-MORB, E-MORB e OIB são de Sun; McDonough (1989). c) Diagrama La/Ba versus La/Nb com campos de referência de Saunders et al. (1992). 1- Chaves et al. (2019); 2 - Caxito et al. (2022); 3 - Tanner de Oliveira (1989); 4 - Barbosa et al. (2005); 5 - Moreira et al. (2020); 6 - Caxito et al. (2014); 7 - Victoria et al. (2022).....40

Figura 9. a) Diagramas de classificação utilizando elementos maiores e traços para as rochas máficas metavulcânicas da contraparte africana do paleocontinente São Francisco-Congo a) Diagrama de álcalis totais versus sílica (TAS) (Le Maitre, 2002). b) Diagrama ternário Álcalis-FeO_t-MgO (Irvine; Baragar, 1971). c) Diagrama Zr-Nb-Y de Meschede (1986). d) Diagrama Th-Tb-Ta de Cabanis; Thiéblemont (1998). 1 - Tack et al. (2001); 2 - Vicat e Pouclet (1995); 3 - Djama et al. (2018); 4 - Thiéblemont et al. (2009).....43

Figura 10. a) Padrões de terras raras (REE) normalizados ao manto primitivo (McDonough e Sun, 1995). b) Diagrama Nb/Yb vs. Th/Yb de Pearce (2008). Os vetores indicam a influência de componentes de subducção (S), enriquecimento

intraplaca (W), contaminação crustal (C) Impressão digital geoquímica das rochas basálticas da contraparte africana do paleocontinente São Francisco-Congo diagrama Th/Nb vs. TiO_2/Yb . d) Diagrama La vs. La/Yb indicando um aumento no grau de fusão parcial do material rochoso parental e/ou um enriquecimento crescente da fonte. e) Diagrama multielementar tipo spidergram normalizado ao reservatório E-MORB (valores fornecidos por Sun e McDonough, 1989. 1 - Tack et al. (2001); 2 - Vicat e Pouclet (1995); 3 - Djama et al. (2018); 4 - Thiéblemont et al. (2009).....45

Figura 11. a) O diagrama (La/Sm)_N vs. (Gd/Yb)_N indica uma fonte portadora de granada para os protólitos das rochas máficas metavulcânicas. Valores de normalização em condrito conforme Su; McDonough (1989). b) Diagrama (La/Sm)_N vs. (Sm/Yb)_N. As composições do líquido são calculadas para fusão parcial em batelada de uma fonte mantélica moderadamente empobrecida. As curvas de fusão são traçadas para lherzolita com espinélio, lherzolita com granada e uma mistura 50:50 de ambas. As composições modais da lherzolita com espinélio (olivina 53%, Opx 27%, Cpx 17%, espinélio 3%) e da lherzolita com granada (olivina 60%, Opx 20%, Cpx 10%, granada 10%) seguem Kinzler (1997) e Walter (1998). Os coeficientes de partição mineral/líquido para líquidos basálticos seguem a compilação de Rollinson (1993). As composições do Manto Primitivo, N-MORB, E-MORB e OIB são de Sun; McDonough (1989).....47

Figura 12. Seções esquemáticas (adaptadas de Pedrosa-Soares et al., 2008; Souza et al., 2022) ilustrando dois estágios tectonomagmáticos distintos no desenvolvimento do rifte Macaúbas: i) fusão parcial por decompressão de fontes mantélicas litosféricas, associada ao início do estiramento do paleocontinente São Francisco-Congo; ii) fusão parcial de fontes mantélicas que variam de litosféricas a astenosféricas, responsável pelo vulcanismo basáltico na fase tardia da evolução rifte.55

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	APRESENTAÇÃO	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	OBJETIVOS	14
1.4	MATERIAIS E MÉTODOS	15
1.4.1	Revisão Bibliográfica	15
1.4.2	Compilação dos Dados de Litogeoquímica e Geoquímica Isotópica e Organização Desse Banco de Dados	15
1.4.3	Reavaliação dos Dados Litogeoquímicos Usando GCDKit, Excel, OriginLab.	16
1.4.4	Integração dos Dados e Confecção Final da Monografia	16
2.	GEOLOGIA REGIONAL	17
2.1	CONTEXTO GEOTECTÔNICO	17
2.2	COMPARTIMENTAÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA	20
2.2.1	Embasamento	20
2.2.2	Supergrupo Espinhaço	20
2.2.3	Supergrupo Macaúbas	21
2.2.4	Granitogênese Orogênica e Intrusões Máficas	24
2.2.5	Formação Salinas	25
3.	BREVE SÍNTESE SOBRE LARGE IGNEOUS PROVINCES (LIPS)	26
3.1	DEFINIÇÃO	26
3.2	CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE LIPS CONTINENTAIS	26
3.3	GRANDES PROVÍNCIAS ÍGNEAS E SUA RELAÇÃO COM RIFTEAMENTO	27
4.	GEOQUÍMICA DAS ROCHAS MÁFICAS TONIANAS DO PALEOCONTINENTE SÃO FRANCISCO-CONGO	29
4.1	GEOQUÍMICA DAS ROCHAS MÁFICAS CRONOCORRELATAS NO SUPERGRUPO MACAÚBAS DO PALEOCONTINENTE SÃO FRANCISCO – CONGO	29
4.2	GEOQUÍMICA DAS ROCHAS MÁFICAS CRONOCORRELATAS NA CONTRAPARTE BRASILEIRA DO PALEOCONTINENTE SÃO FRANCISCO-CONGO	34

4.3	GEOQUÍMICA DAS ROCHAS MÁFICAS CRONOCORRELATAS NA CONTRAPARTE AFRICANA DO PALEOCONTINENTE SÃO FRANCISCO – CONGO.....	41
5.	DISCUSSÃO	49
5.1	NATUREZA DA FONTE MAGMÁTICA	49
5.2	MODELO TECTONOMAGMÁTICO	55
6.	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	60
	APÊNDICE A – Dados Químicos das Rochas	70

1. INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Faixa Araçuaí, segundo Almeida (1997), corresponde ao cinturão de dobramentos e cavalgamentos edificada durante o evento Brasileiro – Pan-africano, localizada na borda sudeste do Cráton São Francisco, onde se encontram rochas dos supergrupos Espinhaço e Macaúbas. O Supergrupo Macaúbas documenta a evolução da bacia precursora do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental, com o registro de dois eventos de rifte que se sobrepõem tanto no espaço quanto no tempo. O primeiro rifte, datado do período Toniano, formou um aulacógeno preenchido por uma sequência de rochas sedimentares e vulcanossedimentares (Castro *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2019, 2022). O segundo rifte, do período Criogeniano, é separado do primeiro por uma discordância regional significativa e apresenta uma sequência sedimentar de origem parcialmente glaciogênica, relacionada ao evento global conhecido como "Snowball Earth". Este segundo rifte, em forma de golfo em um embaimento entre os cratons São Francisco e Congo, evoluiu para uma margem passiva parcialmente oceânica (Pedrosa-Soares *et al.*, 1998, 2011; Queiroga *et al.*, 2007; Kuchenbecker *et al.*, 2015; Peixoto *et al.*, 2015; Amaral *et al.*, 2020; Castro *et al.*, 2020).

Este trabalho se concentra no estudo do magmatismo máfico associado ao rifte Toniano, que tem uma história evolutiva típica de um rifte intracontinental, com sequências de rochas siliciclásticas e vulcanossedimentares, além de magmatismo plutônico-vulcânico. Esses eventos magmáticos foram associados a uma Grande Província Ígnea (Large Igneous Province - LIP). A luz de novos dados geoquímicos disponíveis na literatura, o presente trabalho foca em adensar a compilação destes dados e atualizar o estado da arte no que tange a evolução tectonomagmática desta LIP.

1.2 JUSTIFICATIVA

A compreensão dos processos de formação e estabilização dos primeiros continentes ainda é fragmentada. O reconhecimento dos ciclos tectônicos e sua caracterização, bem como o reconhecimento das configurações resultantes na crosta terrestre são de extrema importância, uma vez que estes se relacionam

profundamente com as modificações dos sistemas que o cercam (e.g. Nance *et al.*, 2014). Os ciclos dos supercontinentes são marcados por curtos períodos de convergência alternadas com grandes períodos de tafrogêneses e de deriva continental (Condie, 2011). Riftes intracontinentais antecedem a ruptura (break-up) de continentes e podem guardar informações importantes acerca da interação entre os processos mantélicos e crustais dos quais se originaram (e.g. Souza, 2019).

A Bacia Macaúbas, situada no contexto geológico do Orógeno Araçuaí, oferece um registro excepcional de processos tectônicos e magmáticos associados à formação e geodinâmica de processos de rifteamento continental (e.g. Souza *et al.*, 2022 e referências contidas). A investigação da complexidade desses processos; com foco, em particular, nas interações entre um rifte e uma *Large Igneous Province*, é crucial para decifrar as etapas de evolução crustal. Neste sentido, o magmatismo máfico da Formação Planalto de Minas, com suas características atípicas e ainda pouco exploradas, como as suas assinaturas geoquímicas e isotópicas, sugere uma complexidade de processos que desafia as interpretações convencionais sobre as LIPs e o seu papel em rupturas continentais. Estudar essas peculiaridades pode revelar novos *insights* sobre a interação entre processos mantélicos e a evolução litosférica, além de contribuir para uma melhor compreensão dos mecanismos e processos vulcânicos em sistemas riftes. Neste sentido, este Projeto Final de Curso focou em atualizar a compilação de dados geoquímicos referentes à LIP Bahia-Gangila e sugerir revisões e atualizações no modelo de evolução tectono-magmática desta LIP.

1.3 OBJETIVOS

Este projeto tem como objetivo geral analisar os dados disponíveis na literatura para revisar e atualizar o entendimento sobre a evolução tectonomagmática de uma *Large Igneous Province* toniana, denominada como Bahia-Gangila, com ênfase na análise de dados de litogeoquímica e geoquímica isotópica. E como objetivos específicos, abordam-se:

- I. Analisar os dados de geoquímica isotópica com o objetivo de entender os processos de formação e evolução dos magmas relacionados à LIP Bahia-Gangila;
- II. Atualizar os modelos tectonomagmáticos da *Large Igneous Province* Bahia-

Gangila a partir da síntese e integração de dados litogeoquímicos e isotópicos disponíveis;

- III. Comparar os dados litogeoquímicos e isotópicos revisados com outras províncias ígneas para estabelecer correlações tectônicas e magmáticas;

1.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos já citados, este trabalho foi estruturado nas seguintes metodologias de investigação e análise dos dados.

1.4.1 Revisão Bibliográfica

Durante todo o desenvolvimento do projeto será realizado uma ampla revisão bibliográfica de materiais disponíveis na literatura acerca dos diversos assuntos abordados neste trabalho, como geologia regional da área alvo, e modelos de evolução tectonomagmática de uma *Large Igneous Province*. Para o estado da arte das rochas metavulcânicas da idade toniana, relacionados à Formação Planalto de Minas, foram utilizados trabalhos de Souza (2016, 2019), Souza *et al.* (2022). E para revisão sobre *Large Igneous Provinces* foi utilizado o trabalho de Ernst (2014) e referências contidas.

1.4.2 Compilação dos Dados de Litogeoquímica e Geoquímica Isotópica e Organização Desse Banco de Dados

A compilação dos dados de litogeoquímica e geoquímica isotópica foi realizada por meio de uma revisão detalhada da literatura, que incluiu a coleta de informações de estudos previamente publicados, do Supergrupo Macaúbas (Castro *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2022; Chula 1995; Uhlein, 1991; Gradim *et al.*, 2005; Dussin; Chemale, 2012; Chaves *et al.*, 2014, 2019), além de estudos de rochas cronocorrelatas encontradas no Paleocontinente São Francisco-Congo (Tanner de Oliveira, 1989; Barbosa *et al.*, 2005; Chaves *et al.*, 2014; Caxito *et al.*, 2014, 2020; Moreira *et al.*, 2020; Victoria *et al.*, 2022 Vicat; Pouclet, 1995; Tack *et al.*, 2001; Thiéblemont *et al.*, 2009; Djama *et al.*, 2018), além de dados fornecidos previamente pela orientadora. Foram selecionados dados relevantes que abrangem composições

químicas, razões isotópicas, localizações geográficas e idades das amostras estudadas. A organização do banco de dados foi feita utilizando o software Excel.

1.4.3 Reavaliação dos Dados Litogeoquímicos Usando GCDKit, Excel, OriginLab

A reavaliação dos dados litogeoquímicos será realizada por meio de uma abordagem integrada dos softwares GCDKit, Excel, OriginLab. Inicialmente, os dados já disponíveis na literatura serão compilados, organizados e tratados no Excel. Em seguida esses dados serão importados para GCDkit, onde serão efetuadas análises detalhadas, gerando diagramas de interesse, como os gráficos binários e ternários, seguindo as metodologias descritas por Janousek *et al.* (2006).

1.4.4 Integração dos Dados e Confecção Final da Monografia

Em primeiro momento foi realizado a revisão bibliográfica para defesa do Trabalho de Conclusão de Curso I, onde foram produzidos uma primeira versão dos capítulos de introdução, contexto geológico e revisão bibliográfica sobre *Large Igneous Provinces*. Assim, os capítulos estão estruturados da seguinte forma:

Capítulo 1: O presente capítulo, apresenta a justificativa do estudo e os objetivos a serem alcançados. Aborda também a localização e vias de acesso, além das metodologias empregadas.

Capítulo 2: Apresenta o cenário da geologia regional na qual a área de estudo está inserida, abrangendo temas como estratigrafia e evolução tectônica da Bacia Macaúbas. A maior parte da descrição e revisão do estado da arte é dedicada as sequencias rifte tonianas da Bacia Macaúbas.

Capítulo 3: Apresenta uma breve síntese sobre *Large Igneous Provinces*, abrangendo temas como desenvolvimento continental *Flood Basalts*, característica geoquímica de uma LIP basáltica e como esta LIP pode induzir o desenvolvimento de um rift

2. GEOLOGIA REGIONAL

2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO

O paleocontinente São Francisco-Congo (FIG. 1) formado pelos crátons homônimos, atualmente localizados no Brasil e na porção central do continente africano, se estabilizou no limite entre o Riaciano e o Orosiriano (*e.g.*, Ledru *et al.*, 1994; Teixeira *et al.*, 2000; Noce *et al.*, 2007; Heilbron *et al.*, 2010). Reconstruções paleotectônicas e paleogeográficas indicam que os crátons São Francisco e Congo atuaram como uma única massa continental de 2,0 Ga até a abertura do Oceano Atlântico no Cretáceo (*e.g.*, Trompette, 1994; Brito-Neves *et al.*, 1999; Cordani *et al.*, 2003; D'Agrella-Filho *et al.*, 2004). Essa configuração foi viabilizada pela presença da chamada ponte cratônica Bahia-Gabão (*e.g.*, Trompette, 1994; Brito-Neves *et al.*, 1999; Cordani *et al.*, 2003).

Em decorrência das deformações geradas pelo processo orogenético Brasileiro/Pan-africano, o paleocontinente São Francisco passou a se comportar como um cráton, pois não foi diretamente afetado pela tectonogênese do final do Neoproterozoico (Almeida, 1977). Esse cráton é delimitado por faixas de dobramentos e cavalgamentos brasileiros, incluindo as faixas Araçuaí, Brasília, Sergipana e Ribeira (Almeida, 1977, 1981). Almeida (1977) adotou as falhas mais externas destas faixas como o critério para definir o limite do Cráton São Francisco.

Uma série de eventos extensionais, amplamente distribuídos ao longo do espaço e do tempo afetaram o paleocontinente São Francisco-Congo, deixando registros em bacias sedimentares pré-cambrianas acompanhadas por eventos de magmatismo anorogênico. Esses eventos tafrogênicos ocorreram sucessivamente durante o Proterozoico, do Estateriano, aproximadamente 1,7 Ga, até o Criogeniano, cerca de 650 Ma, e deram origem às bacias Espinhaço e Macaúbas (FIG. 2; *e.g.*, Pedrosa-Soares *et al.*, 1992, 2011a; Uhlein *et al.*, 1998; Tack *et al.*, 2001; Danderfer *et al.*, 2009, 2015; Pedrosa-Soares; Alkmim, 2011; Babinski *et al.*, 2012; Chemale *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2014, 2018; Costa; Danderfer, 2017).

diques máficos (Chemale *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2014; Guadagnin *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2018a; Magalhães *et al.*, 2018).

O sistema da Bacia Macaúbas, precursora do orógeno Araçuaí–Congo Ocidental, desenvolveu-se ao sul da ponte cratônica Bahia-Gabão, e teve seu primeiro pulso de rifteamento durante o Neoproterozoico. Esse sistema bacinal passou por pelo menos duas fases de rifte antes de evoluir para um sistema de margem passiva (Kuchenbecker *et al.* 2015; Castro *et al.* 2019, 2020; Souza *et al.* 2019, 2022; Amaral *et al.* 2020).

Esses eventos são evidenciados pelos granitos Noqui (Tack *et al.*, 2001) e pelos enxames de diques máficos contemporâneos (Vicat; Pouclet, 1995) com ocorrência no Cráton do Congo. E a rochas vulcânicas bimodais da sucessão metavulcanossedimentar Zadiniana – Mayumbiana e intrusivas no Congo Ocidental (Tack *et al.*, 2001; Frimmel *et al.*, 2006; Thiéblemont *et al.*, 2008; 2018; Pedrosa-Soares *et al.*, 2016); rochas metavulcanossedimentares do Supergrupo Macaúbas, entre elas a Formação Planalto de Minas, que são correlatas do Grupo Sítio Novo (Gradim *et al.*, 2005; Costa e Danderfer, 2017; Souza, 2016, 2019; Castro *et al.*, 2019; Moreira *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2022); nas assembleias plutono-vulcânicas félsico-máficas no orógeno Araçuaí (Silva *et al.*, 2008; Victoria, 2017); e nos enxames de diques máficos encontrados no orógeno Araçuaí – Congo Ocidental e relacionados à sua bacia precursora, denominada Bacia Macaúbas (Correa-Gomes; Oliveira, 2000; Queiroga *et al.*, 2012; Evans *et al.*, 2016; Chaves *et al.*, 2019).

No Ediacarano, iniciou-se o fechamento da Bacia Macaúbas, devido ao consumo do Oceano Adamastor-Brazilide, o que culminou na edificação do Orógeno Araçuaí- Oeste Congo (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001). Este sistema orogênico tem um formato de “ferradura” com vergências tectônicas dirigidas para as zonas cratônicas circundantes. Apesar de suas características, ele não se desenvolveu completamente em ambiente continental, pois inclui granitoides de arco magmático associados à subducção e restos ofiolíticos, indicando geração e consumo de litosfera oceânica (Pedrosa-Soares *et al.*, 1992, 1998, 2001; Pedrosa-Soares; Wiedemann-Leonardos, 2000; Alkmim *et al.*, 2006,2007; Queiroga *et al.*, 2007). Outro aspecto interessante é o volume anômalo de rochas graníticas geradas durante sua formação (Pedrosa-Soares *et al.*, 1998; 2008; 2011; Queiroga *et al.*, 2007; Peixoto *et al.*, 2013; Gonçalves *et al.*, 2014; Gradim *et al.*, 2014).

2.2 COMPARTIMENTAÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA

As unidades litoestratigráficas que compõem o Orógeno Araçuaí registram seu desenvolvimento e evolução tectônica. Este item apresenta uma síntese da estratigrafia deste orógeno, priorizando as unidades metavulcânicas de idade toniana relacionadas a bacia precursora.

2.2.1 Embasamento

O embasamento cristalino é composto pelos complexos Guanhães, Gouveia, Porteirinha, Mantiqueira, Juiz de Fora e Pocrane. O Complexo Porteirinha faz parte do núcleo arqueano do embasamento do Cráton São Francisco, que foi aglutinado durante o processo orogênico paleoproterozoico, ocupando a posição externa do Orógeno Araçuaí, próximo à porção setentrional (Noce *et al.*, 2007). De acordo com Noce *et al.* (1997), na região de estudo afloram rochas pertencentes ao Complexo Córrego do Cedro e à Suíte Itacambiruçu. O Complexo Córrego do Cedro é constituído por gnaisses bandados de composição granodiorítica. A Suíte Itacambiruçu aflora junto ao Complexo Córrego do Cedro, sendo composta por dois corpos de granitoides (tonalito e granitos). Posteriormente, Bersan *et al.* (2018) redefiniram a Suíte Itacambiruçu como Supersuíte Rio Itacambiruçu, agrupando os plútons em dois grupos de granitoides: um de alto potássio, com idades de cristalização em torno de 2,9 Ga, e outro de médio potássio, com idades em torno de 2,65 Ga.

2.2.2 Supergrupo Espinhaço

A área de estudo abrange parcialmente os segmentos meridional e setentrional da Serra do Espinhaço. O Supergrupo Espinhaço Meridional, originalmente dividido por Pflug (1968) em oito formações, foi subdividido em dois grupos e nove formações (Dussin; Dussin, 1995; Chemale *et al.*, 2012), na qual remonta um ciclo bacial de sequências rifte e rifte-sag que se iniciou cerca de 1.8 Ga e se estendeu até 1.0 Ga. O Grupo Diamantina é formado por sequências metassedimentares que representam o desenvolvimento de dois riftes intracontinental que foi sucedida por duas fases sag. Essa fase sag é caracterizada pela sedimentação da Formação Galho do Miguel e o Grupo Conselheiro Mata.

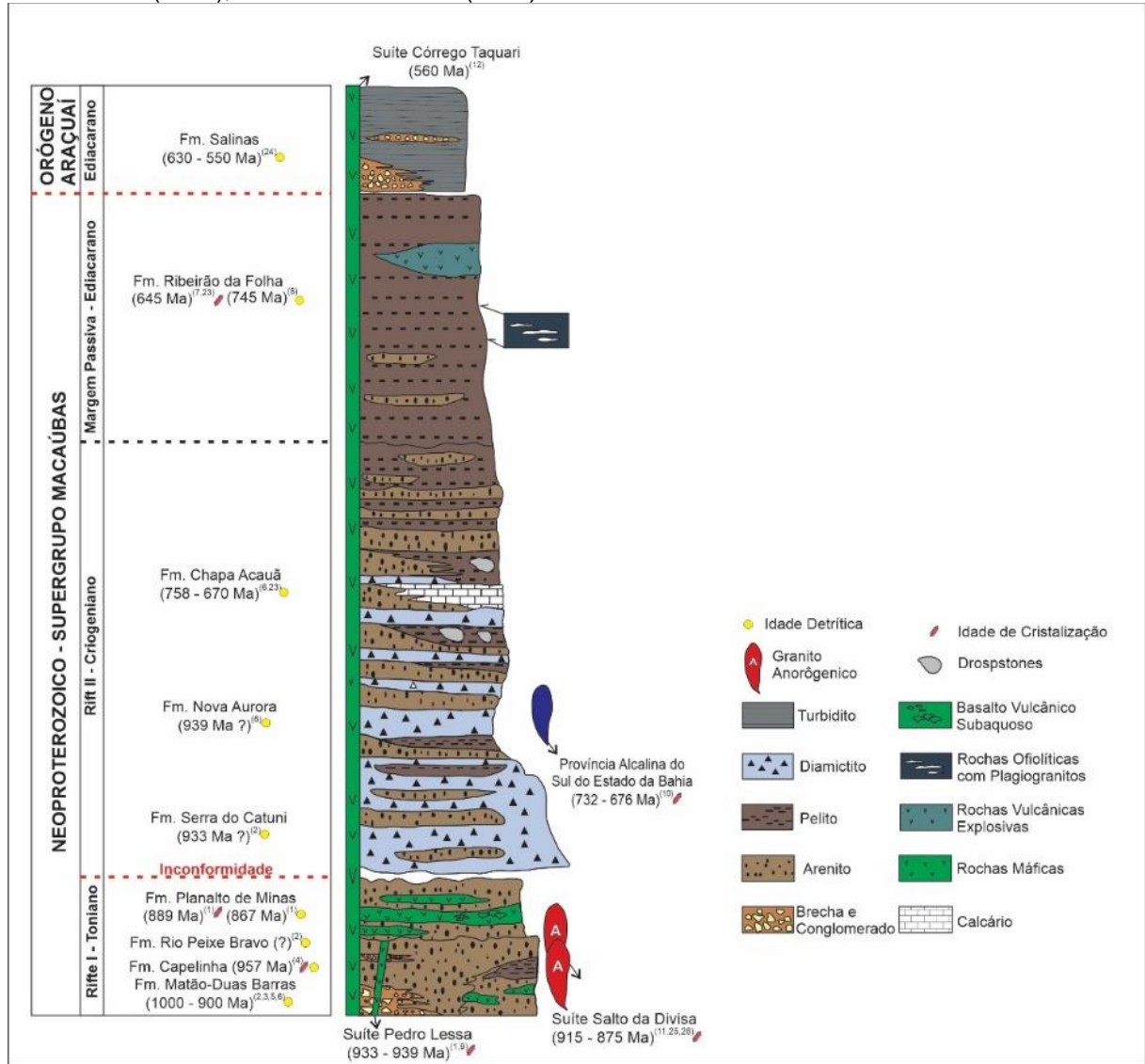
No domínio do Espinhaço Setentrional, a Formação Resplandecente é a única unidade do Supergrupo Espinhaço na Anticlinal de Itacambira, conforme Martins *et al.* (2008). Composta por quartzitos de alta maturidade textural e composicional, a Formação Resplandecente foi formada em ambiente eólico e é correlata à Formação Galho do Miguel, do Grupo Diamantina, Supergrupo Espinhaço.

2.2.3 Supergrupo Macaúbas

O Supergrupo Macaúbas (FIG. 2) compreende um expressivo pacote de rochas metavulcanossedimentar. Essas rochas são interpretadas como registo da evolução polifásica de uma bacia que passou por dois estágios rifteamento sobrepostos, tanto no espaço e quanto no tempo, durante os períodos Toniano e Criogeniano, precedendo o desenvolvimento de uma margem passiva (*e.g.* Kuchenbecker *et al.*, 2015; Costa; Dandever, 2017; Castro *et al.*, 2019, 2020; Souza *et al.*, 2019, 2022; Amaral *et al.*, 2019). Estes estágios são:

- i. Sucessão Rife I (Toniano) (ca. 950-890 Ma): registrado pelas formações Capelinha, Matão-Duas Barras, Rio Peixe Bravo e Planalto de Minas;
- ii. Sucessão Rife II (Criogeniano) (ca. 720-675 Ma): registrado pelas formações Serra do Catuni, Nova Aurora e Chapada Acauã Inferior;
- iii. Sucessão Margem Passiva (c. 676 Ma): registrado pelas formações Chapada Acauã Superior e Ribeirão da Folha.

Figura 2: Colunas estratigráficas do Supergupo Macaúbas (modificado e atualizado a partir de Pedrosa-Soares *et al.*, 2011; Souza, 2022). 1 – Souza *et al.*, 2022; 2 – Babinski *et al.* (2012); 3 – Chemale *et al.* (2012); 4 – Castro *et al.* (2019); 5 – Martins *et al.* (2008); 6 – Kuchenbecker *et al.* (2015); 7 – Queiroga *et al.* (2007); 8 – Peixoto *et al.* (2015); 9 – Queiroga *et al.* (2012); 10 – Rosa *et al.* (2007); 11 – Victoria (2017); 12 – Martins *et al.* (2012); 23 – Amaral *et al.* (2020); 24 – Deluca *et al.* (2019); 25 – Silva *et al.* (2008); 26 – Menezes *et al.* (2012).



Fonte: Souza *et al.*, 2022.

2.2.3.1 Sucessão Rift I – Toniano

A Formação Capelinha foi definida formalmente por Grossi-Sad *et al.* (1993) sendo posteriormente redefinida como a unidade de base do Grupo Macaúbas por Castro (2014) e Castro *et al.* (2019). Trata-se de uma sequência metavulcanossedimentar que representa os primeiros estágios do sistema de rifteamento do Toniano inferior (ca. 957 Ma Castro *et al.*, 2019). É composta por uma Unidade Inferior predominantemente metapsamítica formada por quartzitos puros a

micáceos e xistos quartzosos com corpos intercalados de anfibolitos, e por uma Unidade Superior, essencialmente metapelítica.

A Formação Matão-Duas Barras é caracterizada por metabrechas e metaconglomerados, representando um depósito continental (Souza *et al.*, 2019). A Formação Rio Peixe Bravo é composta por quartzitos impuros, metapelitos e raros metaconglomerados, refletindo a sedimentação fluvial a marinha ocorrida durante a fase de rifte continental (Knauer *et al.*, 2006; Pedrosa-Soares *et al.*, 2007, 2008; Costa; Danderfer, 2017).

A Suíte Pedro Lessa (933–906 Ma, Machado *et al.*, 1989; Queiroga *et al.*, 2012; Chaves *et al.*, 2019) é composta por diques metamáficos, sills e raros fluxos vulcânicos. Esses corpos metamáficos cortam rochas do embasamento do Complexo Porteirinha (Noce *et al.*, 2007), do Supergrupo Espinhaço (Chemale *et al.*, 2012) e a sequência basal do Supergrupo Macaúbas (Formação Matão-Duas Barras; Souza *et al.*, 2019). Os metagabros são predominante na Suíte Pedro Lessa. Além dos metagabros, foi observado um corpo aflorante de rocha máfica metavulcanoclástica, composto por clorita-epidoto-plagioclásio-actinolita, que preserva estruturas ígneas primárias (Souza *et al.*, 2022).

A Formação Planalto de Minas é caracterizada como uma sequência metavulcano-sedimentar do Toniano tardio, datada ca. 890 Ma (Souza, 2016). Esta formação é composta por intercalações de magnetita-sericita-quartzitos e xistos verdes *strictu sensu*, que podem variar de milimétricas a decamétricas. Os quartzitos apresentam granulação muito fina a fina. O contato entre essas rochas é gradativo.

Os xistos verdes são essencialmente formados por actinolita, plagioclásio, clorita, epidoto, quartzo e titanita, podendo conter calcita e opacos. Apresentam granulação variando de muito fina a fina e preservam estruturas ígneas primárias. Estas estruturas já observadas anteriormente por outros autores (e.g. Grossi-Sad *et al.*, 1997; Gradim *et al.*, 2005), foram agrupadas em três litofácies por Souza (2016): I) xistos verdes destituídos de feições primárias; II) xistos verdes com brechas e clastos fluidais; e III) xistos verdes almofadados. Todas essas litofácies compartilham a presença de amígdalas macroscópicas e microscópicas, além de exibirem um claro bandamento composicional.

A associação de litofácies dos xistos verdes sugere que eles se formaram a partir de edifícios vulcânicos subaquosos com alta produtividade (*fire fountaining*), além do mais, as características presentes nos quartzitos indicam um ambiente de

formação marinho raso a intermediário (Souza, 2016).

2.2.3.2 Sucessão Rifte II – Criogeniano

A Sucessão Rifte II é caracterizada por espessas camadas de diamictitos, interpretadas como de origem glacial (e.g., Karfunkel; Hope, 1988; Pedrosa-Soares *et al.*, 1998, 2001; Grossi-Sad *et al.*, 1997; Noce *et al.*, 1997; Martins, 2006; Babinski *et al.*, 2012; Kuchenbecker *et al.*, 2015; Alkmim *et al.*, 2017). A Formação Serra do Catuni é vista como resultado de sedimentação glácio-terrestre a glácio-marinha, enquanto as formações Nova Aurora e Chapada Acauã Inferior registram o espessamento e a expansão da sedimentação glácio-marinha. No entanto, essa sequência também foi interpretada por Castro *et al.* (2020) e Oliveira *et al.* (2021) como resultado da ressedimentação de sedimentos de origem glaciogênica em um ambiente tectonicamente ativo.

2.2.3.3 Sucessão Margem Passiva

Essa sucessão é composta pelas formações Chapada Acauã Superior e Ribeirão da Folha, na qual registra o estágio de margem passiva da Bacia Macaúbas. É caracterizada pela presença de turbiditos areno-pelíticos, além de rochas metaultramáficas, metamáficas e metassedimentares sulfetadas (Pedrosa-Soares *et al.*, 2007; Queiroga *et al.*, 2007; Amaral *et al.*, 2020).

2.2.4 Granitogênese Orogênica e Intrusões Máficas

O magmatismo orogênico foi agrupado em cinco supersuítas (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011; Gradim *et al.*, 2014; Peixoto *et al.*, 2015; Novo *et al.*, 2018; Serrano *et al.*, 2018). A Supersuíte G1 (ca. 630-585 Ma) é composta majoritariamente por granitoides do tipo I, relacionados ao estágio pré-colisional. A Supersuíte G2 (ca. 585-545 Ma) corresponde à granitogênese do tipo S durante o estágio sin-colisional. A Supersuíte G3 (ca. 545-530 Ma) foi formada no estágio tardi a pós-colisional e resulta de uma granitogênese do tipo S. A Supersuíte G4 (ca. 530-500 Ma) está associada ao colapso extensional e é constituída principalmente por granitos duas micas. E a Supersuíte G5 (ca. 530-480 Ma) caracteriza-se pela granitogênese do tipo I e tipo A e

corresponde ao estágio pós-colisional.

As sequências de rochas supracustais relacionadas ao arco magmático, na qual compreende sucessões metavulcanossedimentares do Grupo Rio Doce, de idade edicariana (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011; Queiroga *et al.*, 2012; Novo *et al.*, 2015, 2018).

2.2.5 Formação Salinas

A Formação Salinas representa uma sequência sedimentar sin-orogênica depositada durante o desenvolvimento do orógeno Araçuaí em ambiente marinho profundo (Lima *et al.*, 2002; Domingues da Costa *et al.*, 2018). Esta bacia se desenvolveu em um espaço entre a Bacia Macaúbas e o Arco Magmático Rio Doce, durante o fechamento da bacia precursora, em algum momento após ca. 680 Ma., que é considerada sua idade de máxima sedimentação (Lima *et al.*, 2002; Alkmim *et al.*, 2006; Peixoto *et al.*, 2015; Domingues da Costa *et al.*, 2018; Deluca *et al.*, 2019; Castro *et al.* 2020).

3. BREVE SÍNTESE SOBRE LARGE IGNEOUS PROVINCES (LIPS)

3.1 DEFINIÇÃO

As Grandes Províncias Ígneas (Large Igneous Provinces – LIPs) são vastos conjuntos de rochas ígneas, predominantemente máficas, que se espalham por áreas superiores a 100 mil km² e apresentam características típicas de ambientes intraplaca. Elas se formam de maneira rápida, ao longo de episódios curtos ou em múltiplos pulsos magmáticos, geralmente com duração entre 1 e 5 milhões de anos, podendo, no máximo, se estender por até 50 milhões de anos (Ernst, 2014).

Com base nessas características gerais, Ernst (2014) propõe uma subdivisão das LIPs em dois grandes grupos, conforme seu ambiente de formação. As LIPs oceânicas incluem os platôs oceânicos e os basaltos de fundo oceânico, enquanto as LIPs continentais abrangem uma variedade maior de formas, como províncias basálticas continentais, margens vulcânicas rifteadas, greenstone belts arqueanos, enxames de diques, complexos máfico-ultramáficos, além de carbonatitos associados a kimberlitos e lamproítos, e grandes províncias ígneas ácidas (*Silicic LIPs*).

Entre essas diversas manifestações, este trabalho tem como foco principal os Continental Flood Basalts (CFBs), uma expressão marcante das LIPs continentais. Os CFBs consistem em espessas sequências de basaltos vulcânicos, muitas vezes com vários quilômetros de espessura, formadas por fluxos compostos alimentados por fissuras. Essas sequências podem ser organizadas em agrupamentos geoquímicos distintos – os chamados *quimiostratigráficos* – que frequentemente se associam a formações geológicas específicas. Além disso, os fluxos de lava podem apresentar diferentes tipos de fácies vulcânicas – como tabulares, compostas ou hialoclásticas – , oferecendo pistas importantes sobre a distância em relação aos antigos centros de erupção (Jerram & Widdowson, 2005).

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE LIPS CONTINENTAIS

Os LIPs continentais são essencialmente formados por rochas básicas, com menos de 54% de SiO₂. Entre elas, os basaltos toleíticos são os mais comuns, geralmente com baixo conteúdo de fenocristais. Também podem ocorrer, em menores proporções, basaltos alcalinos, andesitos basálticos, basaltos picríticos e basaltos

ricos em alumínio (alto Al). De modo geral, os magmas associados aos Continental Flood Basalts (CFBs) apresentam baixos teores de MgO e Ni, além de índices Mg# reduzidos (Ernet, 2014) - características que indicam um grau significativo de fracionamento magmático, seja no magma original ou nos reservatórios fonte.

Apesar desse fracionamento, as lavas de CFBs mostram uma notável homogeneidade química e mineralógica dentro de unidades eruptivas individuais, mesmo quando se estendem por centenas ou até milhares de quilômetros (Cox, 1980; Thompson *et al.*, 1983; Garfunkel, 2008).

No entanto, quando se observa a composição em elementos-traço, surgem variações importantes. Muitas LIPs continentais apresentam anomalias negativas características em elementos como Nb, Ta, Ti e P (Ernst, 2014). Essas assinaturas são cruciais para entender a origem dos magmas. Por exemplo, no caso do LIP Karoo, Neumann *et al.* (2011) destacam que diversos CFBs compartilham essas anomalias Nb-Ta e apresentam razões isotópicas de Nd e Sr enriquecidas, sugerindo influência de fontes mantélicas modificadas ou da crosta continental.

3.3 GRANDES PROVÍNCIAS ÍGNEAS E SUA RELAÇÃO COM RIFTEAMENTO

As Províncias Ígneas (LIPs) são formadas por enormes volumes de magma máfico, predominantemente basáltico, que se acumulam em curtos períodos geológicos, geralmente na ordem de milhões de anos, durante eventos de extensão e afinamento da crosta. Esse processo é frequentemente associado à atividade de plumas mantélicas, que podem gerar magma com características de basaltos de ilhas oceânicas (OIB), provocando significativa magmatismo em ambientes intraplaca. Quando essas LIPs se formam em contextos continentais, elas podem atuar como um fator catalisador para a quebra dos continentes (Ernst, 2014).

Foram propostos modelos que associam as Grandes Províncias Ígneas ao impacto de cabeças de pluma na base da litosfera. Esse processo teria contribuído para a fragmentação continental, sugerindo que o rifteamento ocorreu após o assentamento dos derrames basálticos e que o afinamento prévio da litosfera não é um requisito para a ocorrência desse evento (Richards *et al.*, 1989). De modo geral, o rifteamento pode ocorrer de duas maneiras principais: rifteamento passivo e rifteamento ativo.

No modelo passivo, os riftes são interpretados, primordialmente, como

resultado da redistribuição de esforços tectônicos regionais, controlados pela geometria e pelas forças atuantes nos limites de placas. Esses esforços tendem a se concentrar em zonas de fraqueza pré-existentes, localizadas na crosta, no manto litosférico ou em ambos, favorecendo o estiramento litosférico e o início da formação do rifte (White & McKenzie, 1989). Este processo envolve três etapas: primeiro, ocorre o rifteamento inicial; segundo, as tensões de campo distante afetam a crosta e o manto litosférico, levando ao seu afinamento; e, por fim, o manto astenosférico quente entra na área afinada, em um movimento passivo (Ernst, 2014).

Por outro lado, o rifteamento ativo é caracterizado por uma pluma mantélica ascendente que força o arqueamento da crosta. Este processo é seguido pelo afinamento da crosta e da litosfera, resultando em fusão adiabática e formação de magma, que culmina no rifteamento localizado na parte superior da crosta arqueada. Essa forma de rifteamento está intimamente relacionada ao magmatismo das LIPs, onde a pluma do manto não apenas provoca o afinamento, mas também gera o magma que contribui para a formação das LIPs (Ernst, 2014).

Na realidade, muitos eventos de abertura de bacias oceânicas resultam de uma combinação entre rifteamento ativo e passivo. A presença de uma pluma mantélica e a formação subsequente de uma LIP geralmente desempenham um papel crucial na ruptura litosférica e na formação de novas bacias oceânicas. Ainda assim, o sucesso desse processo depende de diversos fatores, incluindo forças tectônicas atuantes nas bordas das placas e heterogeneidades pré-existentes na litosfera, como evidenciado no caso da fragmentação que levou à abertura do Oceano Atlântico Central (Ernst, 2014).

Embora o rifteamento ativo associado a LIPs possa, de fato, promover a abertura de bacias oceânicas e a ruptura da crosta continental, nem todos os eventos magmáticos dessa natureza resultam em separação continental. A intensidade do magmatismo pode ser insuficiente, ou as condições tectônicas regionais podem não favorecer a ruptura. Da mesma forma, o rifteamento passivo pode produzir apenas afinamento litosférico, sem necessariamente levar à fragmentação de um continente (Ernst, 2014).

4. GEOQUÍMICA DAS ROCHAS MÁFICAS TONIANAS DO PALEOCONTINENTE SÃO FRANCISCO-CONGO

Neste capítulo, será apresentada a compilação dos dados geoquímicos das rochas metavulcânicas máficas tonianas da Bacia Macaúbas. Além disso, foram compilados também os dados de rochas metavulcânicas e vulcânicas cronocorrelatas da contraparte brasileira e da contraparte africana, no contexto do paleocontinente São Francisco - Congo.

Os dados de química elementar foram tratados através de diagramas de classificação e descritivos (como TAS e *spidergrams*, por exemplo), além de diagramas discriminantes de ambiente tectônico. A compilação dos dados está disponível no Apêndice A.

Para fins de análise e interpretação, os dados geoquímicos foram organizados em três grupos principais: (i) unidades pertencentes ao Supergrupo Macaúbas; (ii) unidades correlatas da margem brasileira; e (iii) unidades correlatas da margem africana. Embora os gabros do Sítio Novo integrem a Bacia Macaúbas do ponto de vista estratigráfico, optou-se por alocá-los junto ao grupo da margem brasileira, uma vez que suas assinaturas geoquímicas diferem das demais unidades da bacia. Essa estratégia visou uma comparação mais precisa entre os conjuntos analisados, destacando variações composicionais e suas implicações na evolução tectonomagmática do rifte Toniano.

4.1 GEOQUÍMICA DAS ROCHAS MÁFICAS CRONOCORRELATAS NO SUPERGRUPO MACAÚBAS DO PALEOCONTINENTE SÃO FRANCISCO – CONGO

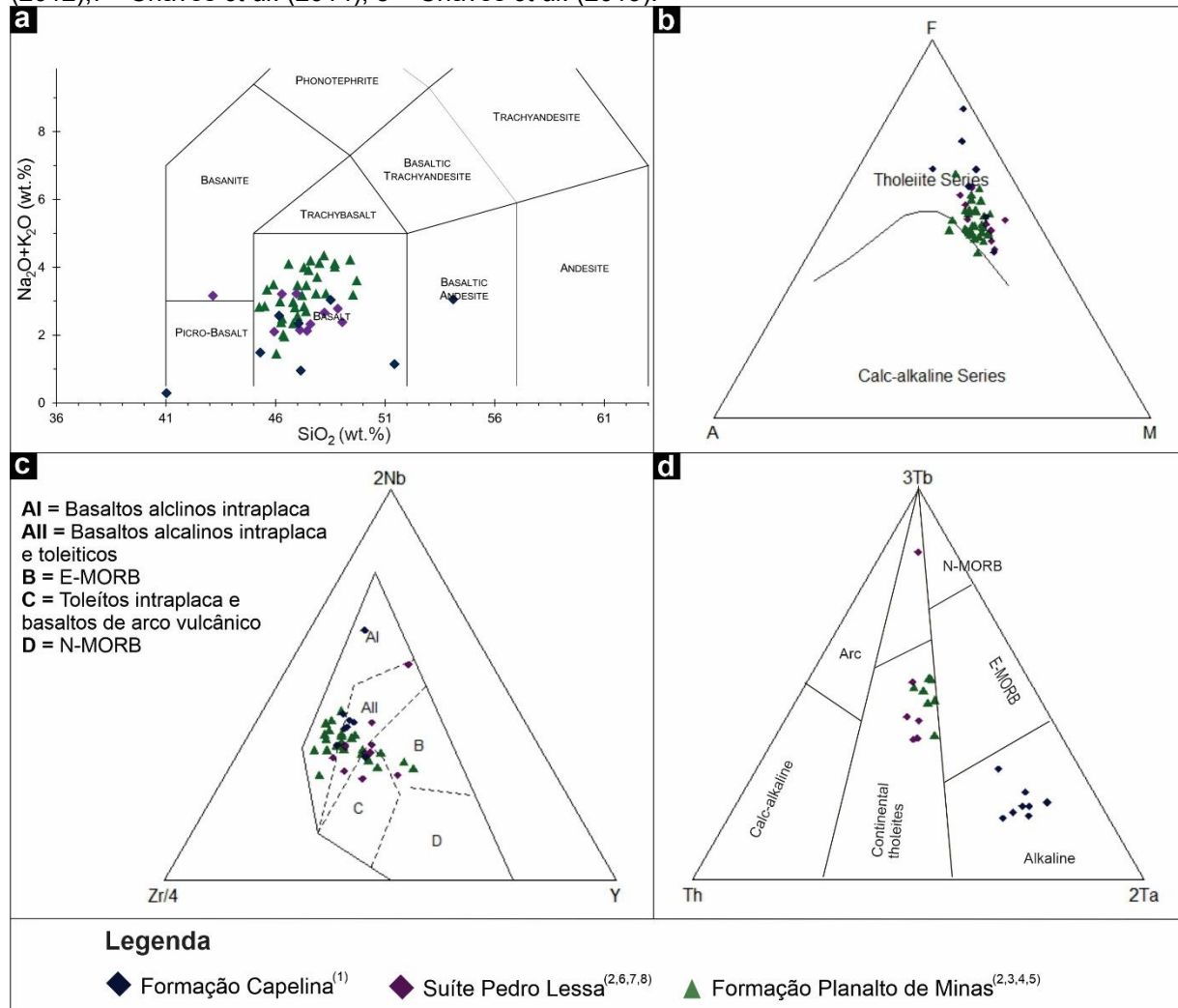
As amostras compiladas do Supergrupo Macaúbas correspondem as análises realizadas em amostras da Formação Capelinha, Suíte Pedro Lessa e Formação Planalto de Minas (Castro *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2022; Chula 1995; Uhlein, 1991); Gradim *et al.*, 2005; Dussin; Chemale, 2012; Chaves *et al.*, 2014, 2019).

As rochas máficas da Formação Capelinha apresentam valores de SiO₂ variando entre 41,02% e 51,42%, Al₂O₃ entre 9,87% e 23,02%, FeOT entre 9,52% e 13,97%, MgO entre 2,59% e 9,32%, TiO₂ entre 1,45% e 3,51%, P₂O₅ entre 0,16% e 0,49% e K₂O entre 0,05% e 0,48%.

Nas rochas da Suíte Pedro Lessa, os valores de SiO_2 variam entre 43,14% e 49,05%, Al_2O_3 entre 13,47% e 17,13%, FeOT entre 8,49% e 15,86%, MgO entre 4,75% e 12,33%, TiO_2 entre 0,98% e 2,87%, P_2O_5 entre 0,1% e 2,16% e K_2O entre 0,26% e 6,95.

Já a Formação Planalto de Minas apresenta teores de SiO_2 entre 45,26% e 49,70%, Al_2O_3 entre 13,10% e 15,60%, FeOT entre 9,73% e 14,43%, MgO entre 5,11% e 9,21%, TiO_2 entre 1,02% e 3,76%, P_2O_5 entre 0,07% e 0,66% e K_2O entre 0,02% e 0,69%.

Figura 3. a) Diagramas de classificação utilizando elementos maiores e traços para as rochas máficas metavulcânicas do Supergrupo Macaúbas a) Diagrama de álcalis totais versus sílica (TAS) (Le Maitre, 2002). b) Diagrama ternário Álcalis-FeOT-MgO (Irvine e Baragar, 1971). c) Diagrama Zr-Nb-Y de Meschede (1986). d) Diagrama Th-Tb-Ta de Cabanis e Thiéblemont (1998). 1- Castro *et al.* (2019); 2 - Souza *et al.* (2022); 3 - Chula (1995); 4 - Uhlein (1991); 5 - Gradim *et al.* (2005); 6 - Dussin; Chemale (2012); 7 - Chaves *et al.* (2014); 8 - Chaves *et al.* (2019).



Fonte: Elaboração própria.

Os diagramas de classificação de álcalis totais-sílica (TAS) (Le Maitre, 2002) e ternário de álcalis-FeOT-MgO (Irvine & Baragar, 1971) sugerem que a Formação

Capelinha tem origem em basaltos toleíticos alcalinos e assinatura de basaltos alcalinos de intraplaca. A Suíte Pedro Lessa indica uma origem associada a basaltos toleíticos subalcalinos a alcalinos com assinatura intraplaca ou continental, enquanto a Formação Planalto de Minas apresenta características de basaltos toleíticos subalcalinos ricos em ferro e exibe afinidade com basaltos E-MORB intraplaca (FIG. 3a, 3b, 3c 3d, 4b, 4c e 4d)

Os teores de elementos terras raras (Σ REE) na Formação Capelinha variam entre 110 e 259 ppm, com fracionamento moderado a alto dos ETR leves em relação aos pesados ($\text{LaN/YbN} = 4,7$ a $10,71$ ppm; FIG. 4a) e anomalias de Eu levemente positivas ($\text{Eu/Eu}^* = 1$ a $1,19$ ppm).

Na Suíte Pedro Lessa, o Σ REE varia entre 59,14 e 710,01 ppm, com fracionamento moderado a alto dos ETR leves em relação aos pesados ($\text{LaN/YbN} = 4,29$ a $11,88$ ppm) e anomalias de Eu levemente positivas ($\text{Eu/Eu}^* = 0,61$ a $1,29$ ppm; FIG. 4a), sugerindo a presença de minerais ricos em cálcio, como epidoto (Dostal *et al.*, 2016).

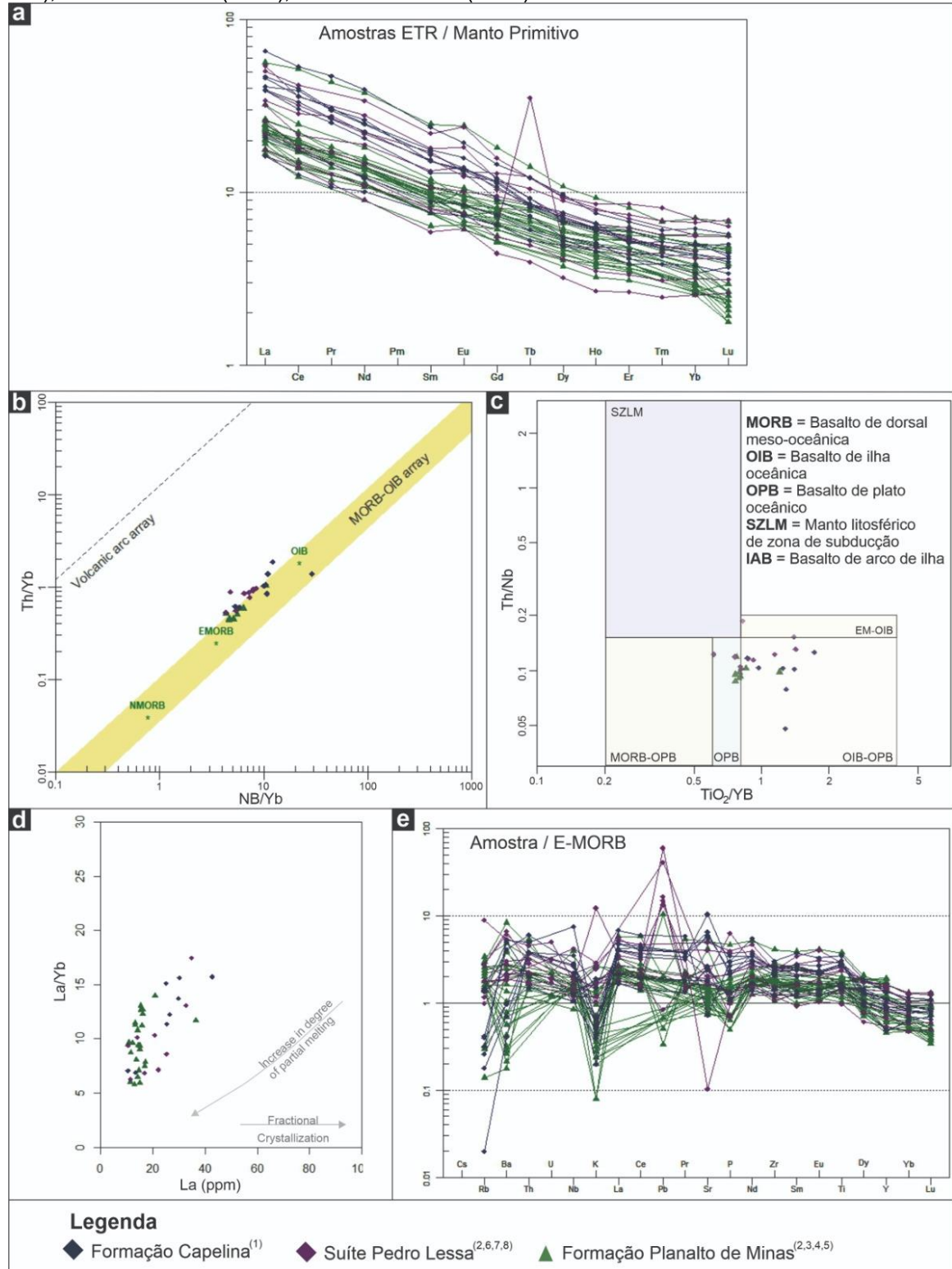
Na Formação Planalto de Minas, os teores de Σ REE variam entre 54,53 e 222,72 ppm, com fracionamento moderado a alto dos ETR leves em relação aos pesados ($\text{LaN/YbN} = 3,89$ a $9,41$ ppm) e anomalias de Eu levemente positivas ($\text{Eu/Eu}^* = 0,85$ a $1,29$ ppm; FIG. 4a).

Os perfis de elementos incompatíveis são característicos de magmas derivados do manto, situando-se no campo mantélico. Os elementos traço, como Nb, Ta, Hf e ETR, apresentam correlação positiva com Zr e SiO_2 , enquanto os elementos compatíveis, como Ni e Cr, correlacionam-se positivamente com MgO para todas as unidades.

Os teores de Ni e Co indicam um processo de cristalização fracionada, sustentado pelas relações entre La e La/Yb. Na Formação Capelinha, os valores de Ni variam entre 59 e 122 ppm, e os de Co entre 22,5 e 81,7 ppm. Na Suíte Pedro Lessa, os teores de Ni oscilam entre 60 e 270 ppm, e os de Co entre 40 e 70 ppm. Já na Formação Planalto de Minas, os valores de Ni variam entre 43 e 270 ppm, e os de Co entre 40 e 64 ppm. Além disso, as relações La versus La/Yb sugerindo um processo de cristalização fracionada (FIG. 4d; Piccirillo; Melfi, 1988).

Figura 4. a) Padrões de terras raras (REE) normalizados ao manto primitivo (McDonough e Sun, 1995). b) Diagrama Nb/Yb vs. Th/Yb de Pearce (2008). Os vetores indicam a influência de componentes de subducção (S), enriquecimento intraplaca (W), contaminação crustal (C) Impressão digital geoquímica

das rochas basálticas do Supergrupo Macaúbas e no diagrama Th/Nb vs. TiO_2/Yb . d) Diagrama La vs. La/Yb indicando um aumento no grau de fusão parcial do material rochoso parental e/ou um enriquecimento crescente da fonte. e) Diagrama multielementar tipo *spidergram* normalizado ao reservatório E-MORB (valores fornecidos por Sun e McDonough, 1989. 1- Castro *et al.* (2019); 2 - Souza *et al.* (2022); 3 - Chula (1995); 4 - Uhlein (1991); 5 - Gradim *et al.* (2005); 6 – Dussin; Chemale (2012); 7 - Chaves *et al.* (2019); 8 – Chaves *et al.* (2019).



Fonte: Elaboração própria.

As razões La/Ce e Ce/Sm são superiores às do manto primitivo (0,39 e 4,0, respectivamente; Sun & McDonough, 1989), sugerindo uma fonte mantélica

enriquecida (Kamenetsky; Maas, 2002; Derakhshi *et al.*, 2017). Os valores variam entre 0,41 e 0,49 para La/Ce e entre 6,87 e 10,95 para Ce/Sm na Formação Capelinha; entre 0,45 e 0,58 para La/Ce e entre 6,61 e 9,71 para Ce/Sm na Suíte Pedro Lessa; e entre 0,42 e 0,56 para La/Ce e entre 6,75 e 8,63 para Ce/Sm na Formação Planalto de Minas.

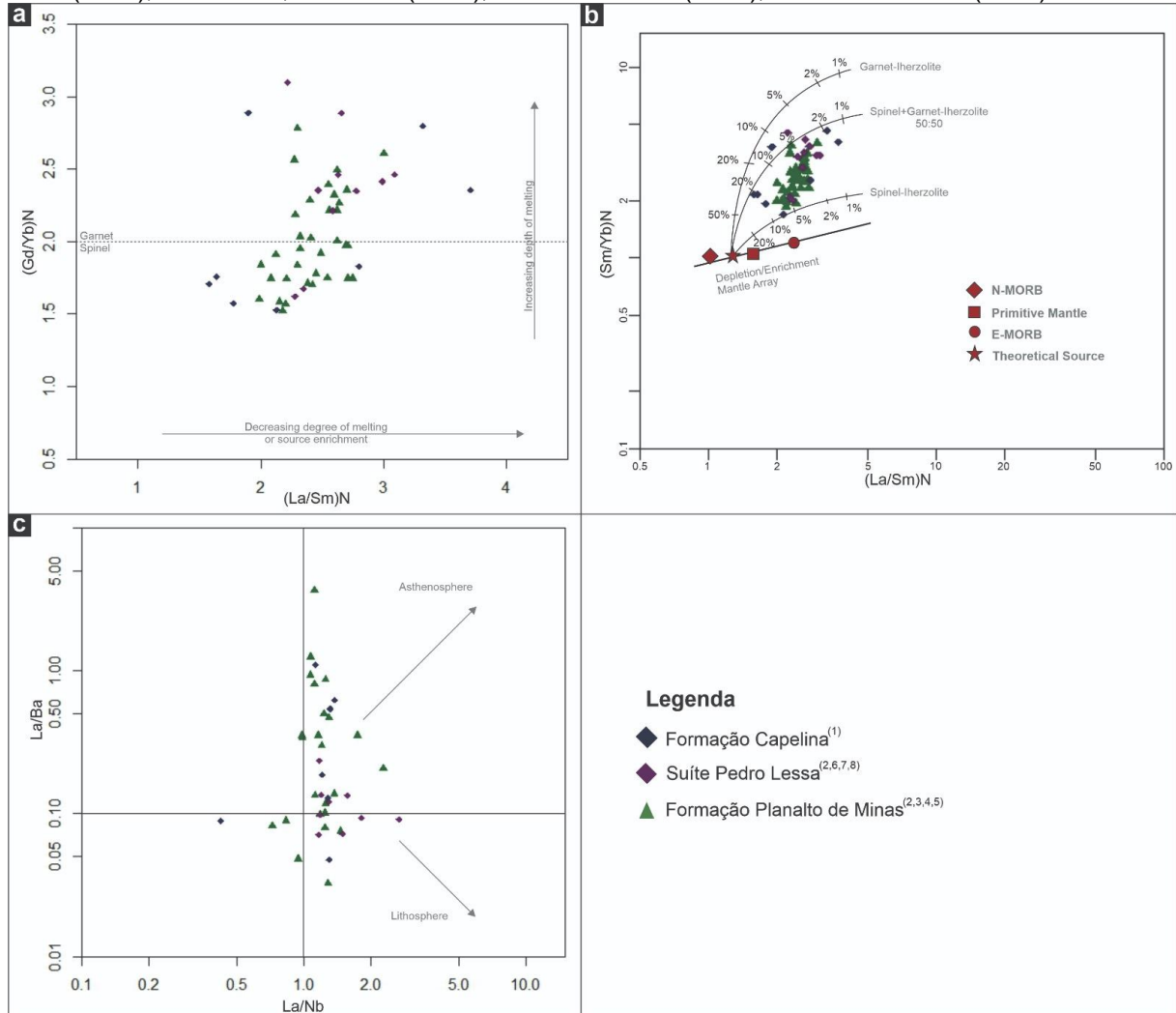
Os Elementos Litófilos de Íons Grandes (LILE) mostram um enriquecimento moderado em relação aos Elementos de Alta Intensidade de Campo (HFSE). Na Formação Capelinha, há uma sutil relação com picos negativos em Rb, Ba e K. Na Suíte Pedro Lessa, os picos negativos de Rb e Sr são mais pronunciados. Já na Formação Planalto de Minas, os LILE apresentam um enriquecimento moderado em comparação aos HFSE, com picos negativos acentuados de Rb, K, Ba e Pb (FIG. 4e).

As razões químicas $(\text{Gd/Yb})_N > 2$ e $(\text{Tb/Yb})_N > 1,8$ sugerem que os protólitos das rochas das unidades analisadas derivam de uma fonte mantélica com presença de granada (Rooney, 2010). As amostras analisadas se distribuem entre os campos de lherzolita granatífera e lherzolita espinélio (FIG. 5a).

Os valores de $(\text{La/Sm})_N$ indicam distintos graus de fusão parcial, oscilando entre 1% e 12% para a transição espinélio-granada para a Formação Capelinha, de 1% a 7% para a lherzolita espinélio na Suíte Pedro Lessa e de 3% a 10% na Formação Planalto de Minas, em uma zona de equilíbrio entre espinélio e granada (Rollinson, 1993). Como a transição espinélio-granada ocorre em profundidades próximas a 90 km, a fonte magmática associada à Formação Planalto de Minas teria se situado em níveis mais profundos do que aquela relacionada à Suíte Pedro Lessa (FIG. 5b).

Adicionalmente, as razões La/Nb e La/Ba apontam para fontes mantélicas mais profundas, vinculadas ao domínio litosférico-astenosférico e astenosférico para as Formações Capelinha e Planalto de Minas. Em contrapartida, a Suíte Pedro Lessa apresenta características compatíveis com uma origem predominantemente litosférica (FIG. 5C; Saunders *et al.*, 1992).

Figura 5. a) O diagrama (La/Sm)N vs. (Gd/Yb)N indica uma fonte portadora de granada para os protólitos das rochas máficas metavulcânicas. Valores de normalização em condrito conforme Su; McDonough (1989). b) Diagrama (La/Sm)N vs. (Sm/Yb)N. As composições do líquido são calculadas para fusão parcial em batelada de uma fonte mantélica moderadamente empobrecida. As curvas de fusão são traçadas para lherzolita com espinélio, lherzolita com granada e uma mistura 50:50 de ambas. As composições modais da lherzolita com espinélio (olivina 53%, Opx 27%, Cpx 17%, espinélio 3%) e da lherzolita com granada (olivina 60%, Opx 20%, Cpx 10%, granada 10%) seguem Kinzler (1997) e Walter (1998). Os coeficientes de partição mineral/líquido para líquidos basálticos seguem a compilação de Rollinson (1993). As composições do Manto Primitivo, N-MORB, E-MORB e OIB são de Sun; McDonough (1989). c) Diagrama La/Ba versus La/Nb com campos de referência de Saunders *et al.* (1992). 1- Castro *et al.* (2019); 2 - Souza *et al.* (2022); 3 - Chula (1995); 4 - Uhlein (1991); 5 - Gradim *et al.* (2005); 6 – Dussin; Chemale (2012); 7 - Chaves *et al.* (2019); 8 – Chaves *et al.* (2019).



Fonte: Elaboração própria.

4.2 GEOQUÍMICA DAS ROCHAS MÁFICAS CRONOCORRELATAS NA CONTRAPARTE BRASILEIRA DO PALEOCONTINENTE SÃO FRANCISCO-CONGO

Este item reúne os dados geoquímicos disponíveis na literatura sobre ocorrências brasileiras, incluindo amostras dos diques máficos de Formiga e da Bahia,

dos gabros de Sítio Novo, da Faixa Rio Preto e do Complexo Salto da Divisa (Tanner e Oliveira, 1989; Barbosa *et al.*, 2005; Chaves *et al.*, 2014; Caxito *et al.*, 2014, 2020; Moreira *et al.*, 2020; Victoria *et al.*, 2022). Com base nesses dados, são analisados o comportamento geoquímico e as características desses corpos, com o objetivo de compreender sua origem, fonte e ambiente tectônico de formação, utilizando-se diagramas de discriminação tectônica.

A análise dos basaltos revela variações significativas nos teores elementares entre as amostras, refletindo a diversidade composicional das rochas ígneas. O teor de sílica (SiO_2), de modo geral, indica uma composição máfica, com algumas amostras tendendo a composições mais alcalinas, conforme evidenciado no diagrama TAS (Le Maitre, 2002). A classificação das séries magmáticas foi realizada com base no diagrama ternário álcalis–FeOT–MgO (Irvine & Baragar, 1971).

Nos diques de Formiga, os teores de SiO_2 variam entre 49,99% e 55,83%; Al_2O_3 entre 13,17% e 16,30%; FeOT de 8,27% a 14,6%; MgO de 2,06% a 7,74%; TiO_2 de 1,15% a 3,11%; P_2O_5 entre 0,10% e 0,79%; e K_2O de 0,34% a 2,14%. As amostras se enquadram como basaltos, basaltos andesíticos, traquiandesitos e basaltos traquiandesíticos, com afinidade típica de basaltos toleíticos (FIG. 7a e 7b), apresentando assinaturas geoquímicas compatíveis com basaltos MORB intraplaca (FIG. 6c, 6d, 7b, 7c e 7d).

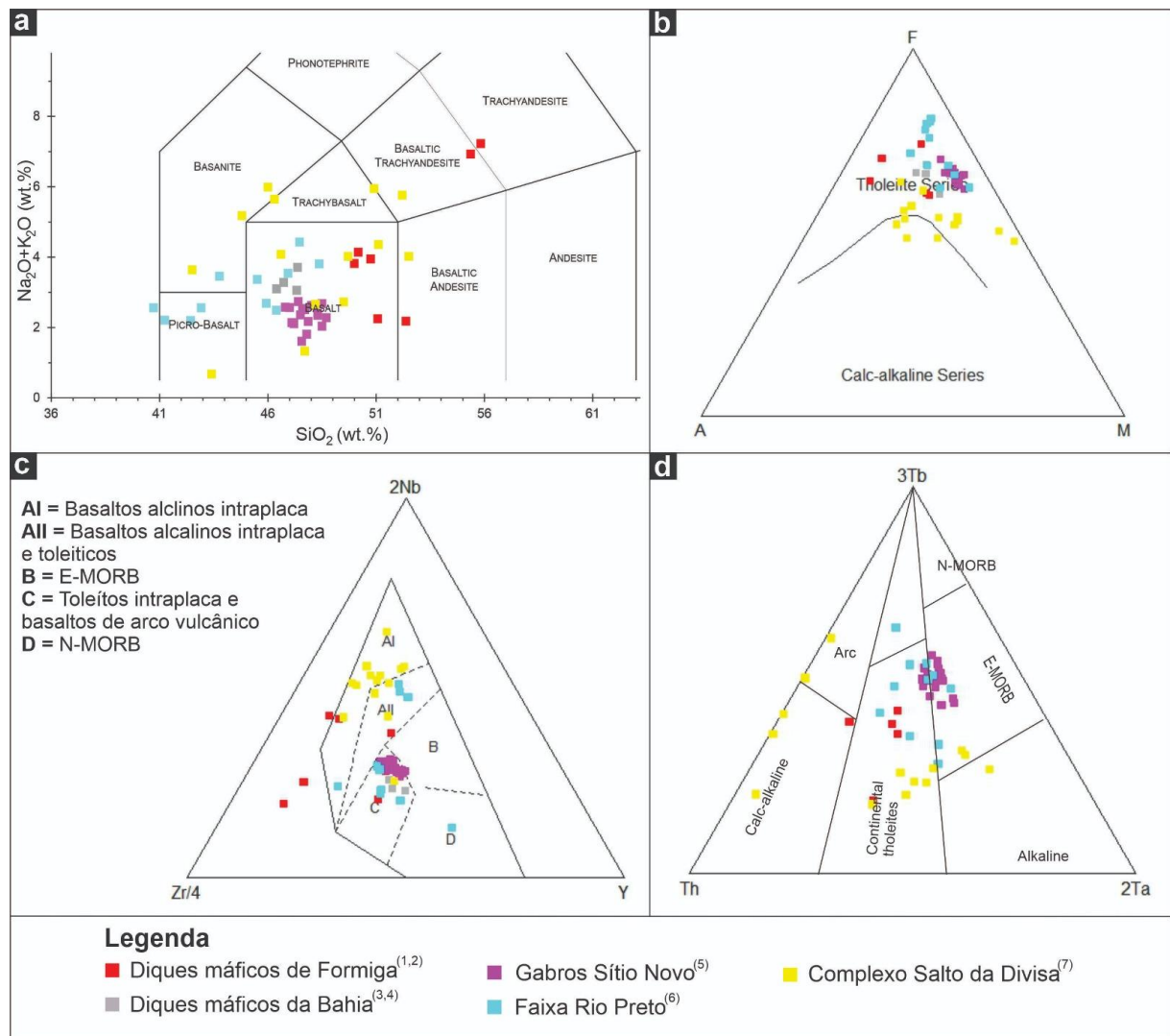
Nos diques máficos da Bahia, os teores de SiO_2 variam entre 46,40% e 47,37%; Al_2O_3 de 11,90% a 13,95%; FeOT de 13,78% a 17,10%; MgO de 4,14% a 6,03%; TiO_2 de 2,61% a 3,34%; P_2O_5 entre 0,32% e 0,51%; e K_2O de 0,42% a 0,82%. As amostras demonstram afinidade com basaltos toleíticos (FIG. 7a e 7b), com assinaturas típicas de basaltos E-MORB intraplaca e basaltos de platô oceânico (FIG. 6c, 6d, 7b, 7c e 7d).

Os gabros de Sítio Novo apresentam teores de SiO_2 entre 46,80% e 48,70%; Al_2O_3 de 14,20% a 15,90%; FeOT de 9,27% a 11,15%; MgO de 6,95% a 9,43%; TiO_2 de 1,31% a 1,97%; P_2O_5 entre 0,14% e 0,25%; e K_2O de 0,29% a 0,56%. Esses valores os aproximam dos diques da Bahia, com predominância de composições de basaltos toleíticos (FIG. 6a e 6b) e assinaturas típicas de basaltos E-MORB intraplaca e de platô oceânico (FIG. 6c, 6d, 7b, 7c e 7d).

Na Faixa Rio Preto, observa-se uma ampla variação, com teores de SiO_2 entre 40,72% e 48,37%; Al_2O_3 de 10,17% a 17,01%; FeOT de 9,47% a 18,28%; MgO de

4,18% a 10,14%; TiO_2 de 1,07% a 7,39%; P_2O_5 entre 0,08% e 0,65%; e K_2O de 0,10% a 0,48%. Os dados apontam para afinidade com basaltos toleíticos, com classificações que vão de basalto e basalto picrítico até basanita (FIG. 6a e 6b), com assinaturas típicas de magmatismo E-MORB intraplaca (FIG. 6c, 6d, 7b, 7c e 7d).

Figura 6. a) Diagramas de classificação utilizando elementos maiores e traços para as rochas máficas metavulcânicas da contraparte brasileira do peleocontinente São Francisco-Congo a) Diagrama de álcalis totais versus sílica (TAS) (Le Maitre, 2002). b) Diagrama ternário Álcalis-FeOt-MgO (Irvine; Baragar, 1971). c) Diagrama Zr-Nb-Y de Meschede (1986). d) Diagrama Th-Tb-Ta de Cabanis; Thiéblemont (1998). 1 - Chaves *et al.* (2019); 2 - Caxito *et al.* (2022); 3 - Tanner de Oliveira (1989); 4 - Barbosa *et al.* (2005); 5 - Moreira *et al.* (2020); 6 - Caxito *et al.* (2014); 7 - Victoria *et al.* (2022).



Fonte: Elaboração própria.

O Complexo Salto da Divisa apresenta grande diversidade composicional, com teores de SiO_2 entre 42,50% e 52,50%; Al_2O_3 de 4,68% a 16,60%; FeOT de 10,62% a 15,92%; MgO de 3,87% a 16,00%; TiO_2 de 1,80% a 3,61%; P_2O_5 entre 0,11% e 1,11%; e K_2O de 0,11% a 4,53%. As amostras abrangem uma gama que inclui basalto, basalto andesítico, traquiandesito, basalto traquiandesítico, basalto

picrítico e basanita. Suas assinaturas geoquímicas variam de basaltos toleíticos subalcalinos a alcalinos (FIG. 6a e 6b), com magmatismo de caráter transicional, dividido em dois grupos: um associado a basaltos cálcio-alcalinos de arco ou OIB e outro relacionado a E-MORB continental ou intraplaca (FIG. 6c, 6d, 7b, 7c e 7d).

Nos diques máficos da Bahia, os Σ ETR variam de 99,70 a 135,6 ppm, evidenciando um enriquecimento moderado. O fracionamento dos ETR leves em relação aos pesados é moderado a alto ($\text{LaN/YbN} = 3,38$ a $7,25$ ppm), e as anomalias de Eu variam de levemente negativas a neutras ($\text{Eu/Eu}^* = 0,88$ a $1,00$ ppm; FIG. 7a).

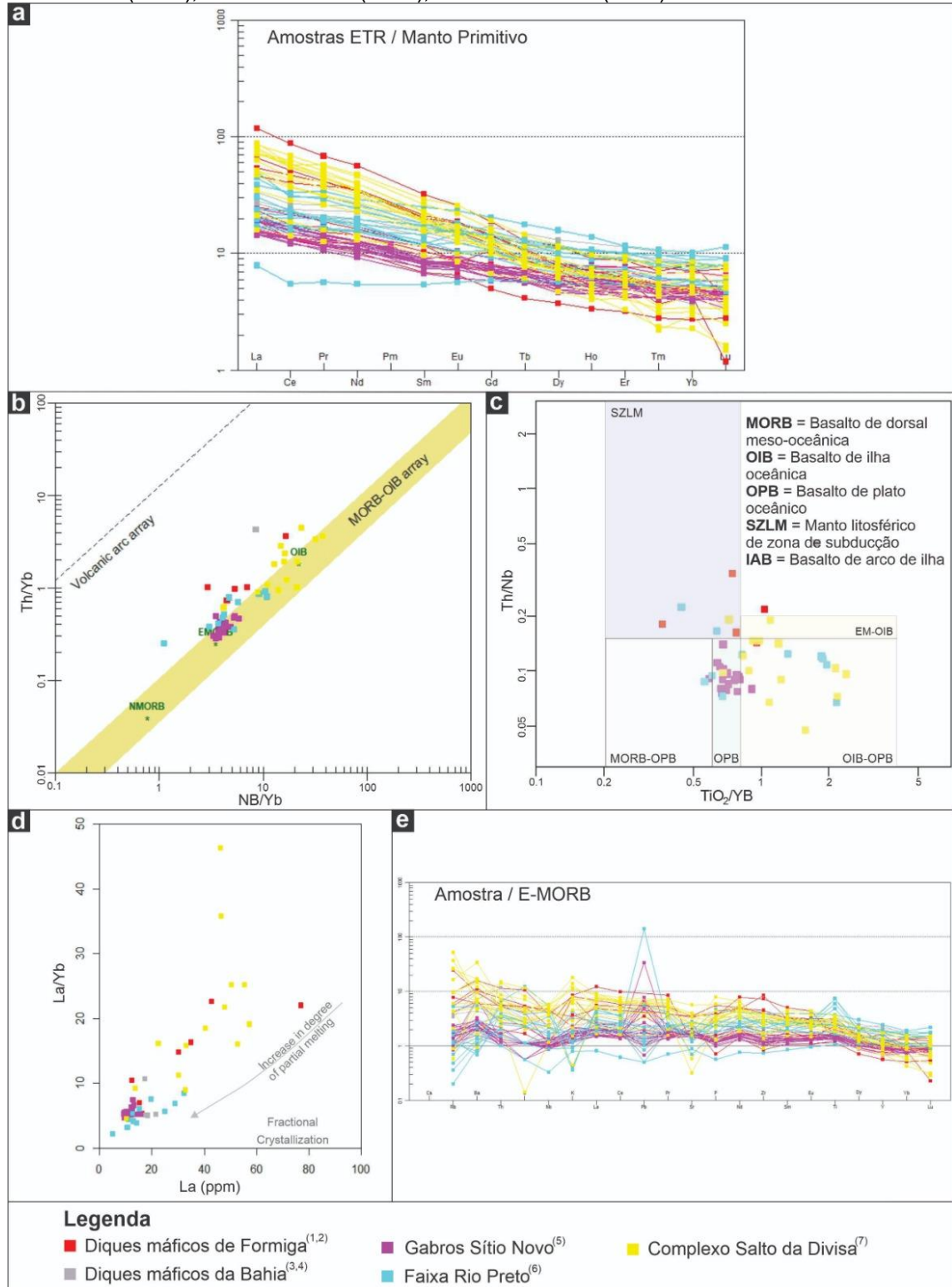
Os gabros de Sítio Novo apresentam Σ ETR entre 60,32 e 104,24 ppm, indicando um enriquecimento moderado. O fracionamento dos ETR leves em relação aos pesados varia de moderado a alto ($\text{LaN/YbN} = 3,13$ a $9,85$ ppm), com anomalias de Eu levemente negativas a neutras ($\text{Eu/Eu}^* = 0,89$ a $1,16$ ppm; FIG. 7a).

As rochas da Faixa Rio Preto exibem Σ ETR entre 32,91 e 111,38 ppm, refletindo um enriquecimento variável. O fracionamento dos ETR leves em relação aos pesados é de moderado abaixo ($\text{LaN/YbN} = 1,44$ a $2,82$ ppm), e as anomalias de Eu variam de levemente negativas a levemente positivas ($\text{Eu/Eu}^* = 0,89$ a $1,26$ ppm; FIG. 7a; Dostal *et al.*, 2016).

No Complexo Salto da Divisa, os Σ ETR variam de 77,97 a 278,97 ppm, indicando um enriquecimento significativo. Os graus de fracionamento dos ETR leves em relação aos pesados são variados ($\text{LaN/YbN} = 3,02$ a $31,22$ ppm), enquanto as anomalias de Eu oscilam entre levemente negativas e levemente positivas ($\text{Eu/Eu}^* = 0,83$ a $1,18$ ppm; FIG. 7a; Dostal *et al.*, 2016).

Os perfis de elementos incompatíveis são característicos de magmas derivados do manto, posicionando-se no campo mantélico. Nesses perfis, elementos traço como Nb, Ta, Hf e os ETR (elementos terras raras) apresentam correlação positiva com Zr e SiO_2 . Já os elementos compatíveis, como Ni e Cr, correlacionam-se positivamente com MgO. No Complexo Salto da Divisa, os teores de Ni (17,00 a 678,00 ppm) e Co (31,30 a 105,60 ppm) são elevados, o que indica um processo de cristalização fracionada - interpretação corroborada pela relação entre La e La/Yb (FIG. 7d; Piccirillo & Melfi, 1988).

Figura 7. a) Padrões de terras raras (REE) normalizados ao manto primitivo (McDonough; Sun, 1995). b) Diagrama Nb/Yb vs. Th/Yb de Pearce (2008). Os vetores indicam a influência de componentes de subducção (S), enriquecimento intraplaca (W), contaminação crustal (C) Impressão digital geoquímica das rochas basálticas da contraparte africana no paleocontinente São Francisco-Congo e no diagrama Th/Nb vs. TiO_2/Yb . d) Diagrama La vs. La/Yb indicando um aumento no grau de fusão parcial do material rochoso parental e/ou um enriquecimento crescente da fonte. e) Diagrama multielementar tipo *spidergram* normalizado ao reservatório E-MORB (valores fornecidos por Sun; McDonough, 1989). 1- Chaves *et al.* (2019); 2 - Caxito *et al.* (2022); 3 - Tanner de Oliveira (1989); 4 - Barbosa *et al.* (2005); 5 - Moreira *et al.* (2020); 6 - Caxito *et al.* (2014); 7 - Victoria *et al.* (2022).



Fonte: Elaboração própria.

As razões La/Ce e Ce/Sm nas amostras dos diques máficos de Formiga e da Bahia, dos gabros de Sítio Novo e do Complexo Salto da Divisa são superiores às do manto primitivo (respectivamente, 0,39 e 4,0; Sun & McDonough, 1989), o que sugere contribuição de uma fonte mantélica enriquecida. Em contraste, as amostras da Faixa Rio Preto indicam uma fonte mantélica mais heterogênea.

Nos diques máficos de Formiga, as razões La/Ce variam entre 0,43 e 0,56, enquanto Ce/Sm varia entre 7,00 e 11,35. Nos diques da Bahia, os valores de La/Ce oscilam entre 0,46 e 0,49, e Ce/Sm entre 5,34 e 6,42. Os gabros de Sítio Novo apresentam razões de La/Ce entre 0,41 e 0,51 e de Ce/Sm entre 7,77 e 8,63. Na Faixa Rio Preto, os dados variam entre 0,38 e 0,63 para La/Ce e entre 4,20 e 8,46 para Ce/Sm, refletindo a diversidade composicional da fonte mantélica. Por fim, no Complexo Salto da Divisa, as razões de La/Ce variam entre 0,43 e 0,58, enquanto Ce/Sm varia de 5,04 a 12,10.

Quando se comparam os Elementos Litófilos de Íons Grandes (LILE) com os Elementos de Alta Intensidade de Campo (HFSE), é possível perceber algumas diferenças entre as unidades analisadas. Nos diques máficos Formiga, os LILEs mostram um enriquecimento moderado em relação aos HFSEs, enquanto nos diques da Bahia esse enriquecimento aparece de forma mais sutil. Já os gabros do Sítio Novo apresentam um padrão mais estável, sem grandes anomalias, mas com uma leve depleção em P e Pb (FIG. 7e).

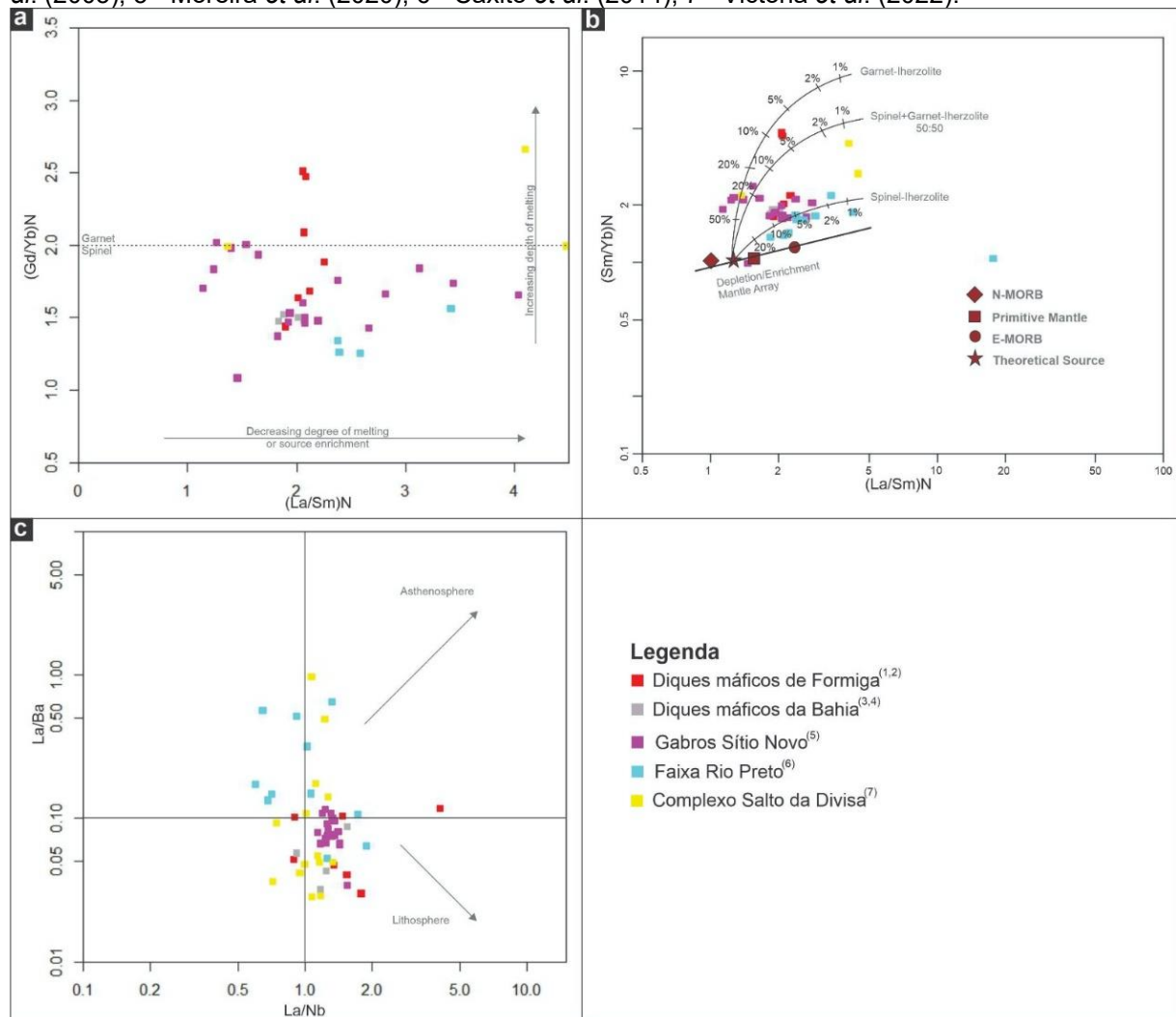
Na Faixa Rio Preto, observa-se uma certa dispersão entre as amostras, com algumas delas apresentando empobrecimento em diversos elementos e uma anomalia positiva bastante expressiva em Pb. O Complexo Salto da Divisa se destaca pela grande dispersão entre as amostras. Há um claro enriquecimento em LILEs e anomalias negativas em P, Sr e Lu, o que pode apontar para um processo magmático mais complexo ou heterogêneo (FIG. 7e).

As amostras coletadas nos diques máficos de Formiga chamam atenção por sua distribuição das amostras tanto na zona da granada quanto do espinélio. Em contraste, os diques máficos da Bahia e os da Faixa Rio Preto concentram-se exclusivamente abaixo dessa linha, na região característica do espinélio, apresentando valores intermediários de (La/Sm)_N (FIG. 8a).

Os gabros do Sítio Novo, revelam uma maior dispersão em seus dados, o que sugere uma variação significativa tanto no grau de fusão das rochas quanto nas fontes magmáticas, localizadas próximas à zona de transição entre espinélio e granada. Já

o Complexo Salto da Divisa destaca-se pela maior heterogeneidade onde suas amostras estão distribuídas tanto na zona da granada quanto na faixa de transição entre espinélio e granada, além de exibirem valores elevados de $(La/Sm)_N$. Essas características indicam origens diversas, com fontes enriquecidas e processos de fusão parcial ocorrendo em diferentes profundidades ao longo da crosta terrestre (FIG. 9a).

Figura 8. a) O diagrama $(La/Sm)_N$ vs. $(Gd/Yb)_N$ indica uma fonte portadora de granada para os protólitos das rochas máficas metavulcânicas. Valores de normalização em condrito conforme Su; McDonough (1989). b) Diagrama $(La/Sm)_N$ vs. $(Sm/Yb)_N$. As composições do líquido são calculadas para fusão parcial em batelada de uma fonte mantélica moderadamente empobrecida. As curvas de fusão são traçadas para lherzolita com espinélio, lherzolita com granada e uma mistura 50:50 de ambas. As composições modais da lherzolita com espinélio (olivina 53%, Opx 27%, Cpx 17%, espinélio 3%) e da lherzolita com granada (olivina 60%, Opx 20%, Cpx 10%, granada 10%) seguem Kinzler (1997) e Walter (1998). Os coeficientes de partição mineral/líquido para líquidos basálticos seguem a compilação de Rollinson (1993). As composições do Manto Primitivo, N-MORB, E-MORB e OIB são de Sun; McDonough (1989). c) Diagrama La/Ba versus La/Nb com campos de referência de Saunders *et al.* (1992). 1- Chaves *et al.* (2019); 2 - Caxito *et al.* (2022); 3 - Tanner de Oliveira (1989); 4 - Barbosa *et al.* (2005); 5 - Moreira *et al.* (2020); 6 - Caxito *et al.* (2014); 7 - Victoria *et al.* (2022).



Fonte: Elaboração própria.

Nos diques máficos de Formiga, os dados indicam graus de fusão parcial entre 3% e 10%, com amostras distribuídas entre a zona típica da lherzolita com espinélio e a zona de transição para lherzolita com granada. Já os diques máficos da Bahia mostram fusão entre 6% e 10%, concentrando-se majoritariamente na região de estabilidade da lherzolita-espinélio. Os gabros do Sítio Novo apresentam uma faixa mais ampla de fusão parcial, variando de 3% a mais de 20%, com distribuição entre o campo da lherzolita-espinélio e a transição para lherzolita-granada (FIG. 8b).

Na Faixa Rio Preto, os valores variam de 1% a 14%, permanecendo dentro da zona dominada pela presença de espinélio. O Complexo Salto da Divisa se destaca pela maior dispersão dos dados, com valores inferiores a 15% e outros superiores a 20%, também distribuídos entre os campos de espinélio e da transição espinélio-granada, sugerindo fontes mantélicas heterogêneas e fusão ocorrendo em diferentes profundidades (FIG. 8b).

As razões La/Nb e La/Ba indicam que o Complexo Salto da Divisa está relacionado a fontes mantélicas mais profundas, com origem predominantemente ligada ao manto litosférico, embora algumas amostras se projetem no campo astenosférico. Os diques máficos Formiga e os gabros Sítio Novo mostram uma tendência predominantemente litosférica, mas com certa influência astenosférica. Por outro lado, os diques máficos da Bahia revelam características típicas de uma fonte essencialmente litosférica, enquanto a Faixa Rio Preto apresenta assinatura majoritariamente astenosférica, ainda que com tendência em direção ao domínio litosférico (FIG. 8c).

4.3 GEOQUÍMICA DAS ROCHAS MÁFICAS CRONOCORRELATAS NA CONTRAPARTE AFRICANA DO PALEOCONTINENTE SÃO FRANCISCO - CONGO

Foram compilados dados geoquímicos de quatro unidades da margem africana os basaltos Gangila, diques máficos Sembé-Ouessou/Comba, Complexo Nemba e Complexo Mayumba (Vicat; Pouclet, 1995; Tack *et al.*, 2001; Thiéblemont *et al.*, 2009; Djama *et al.*, 2018), abrangendo elementos maiores, menores, traço e elementos terras raras (ETR).

Os teores de sílica (SiO_2) mostram uma variação que vai de composições típicas de rochas máficas com algumas variações de composição ligeiramente mais

alcalinas. Isso é ilustrado no diagrama de classificação TAS (Le Maitre, 2002) evidenciando a diversidade composicional das amostras, classificadas como basaltos, traquibasalto, basalto picrítico, basalto andesítico e andesito. Para classificar a series magmaticas, utilizou-se o diagrama ternário de álcalis-FeOT-MgO (Irvine & Baragar, 1971).

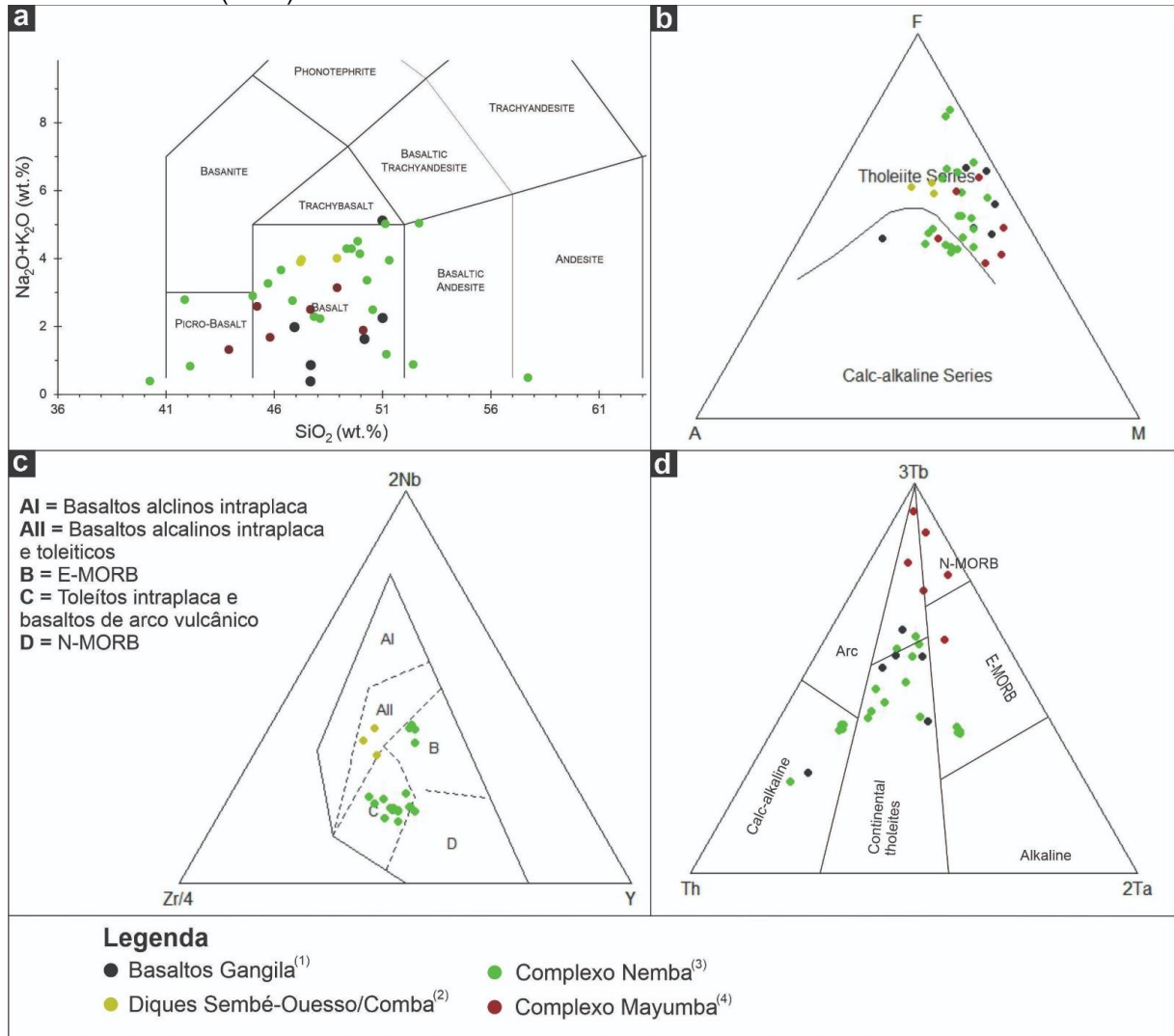
Os basaltos Gangila foram classificados como basaltos e traquibasalto, com magmatismo predominantemente toleítico. Apresentam teores de SiO_2 entre 46,96% e 51,00%, Al_2O_3 variando de 7,24% a 20,36%, FeOT entre 6,92% e 16,01%, MgO de 2,80% a 9,24%, TiO_2 entre 0,70% e 1,09%, P_2O_5 de 0,12% a 0,27% e K_2O variando de 0,07% a 0,68% (FIG. 9a e 9b). apresentando assinaturas geoquímicas compatíveis com basaltos continentais (FIG. 9c, 9d, 10b, 10c e 10d)

Os diques máficos Sembé-Ouessou/Comba apresentam magmatismo basáltico toleítico, com SiO_2 entre 47,20% e 48,89%, Al_2O_3 variando de 12,30% a 17,89%, FeOT entre 11,25% e 14,88%, MgO de 3,49% a 5,72%, TiO_2 entre 3,09% e 4,13%, P_2O_5 de 0,48% a 0,50% e K_2O variando de 0,65% a 1,20% (FIG. 9a e 9b), apresentando assinaturas geoquímicas compatíveis com basaltos intraplaca (FIG. 9c, 9d, 10b, 10c e 10d).

As rochas do Complexo Nemba foram classificadas como basaltos, basalto picrítico, basalto andesítico e andesitos, apresentando assinaturas geoquímicas que variam entre toleítica e subalcalina, indicando diferenciação magmática. Os teores de SiO_2 variam de 46,80% a 57,71%, Al_2O_3 entre 11,13% e 18,19%, FeOT de 8,17% a 16,37%, MgO entre 2,66% e 8,93%, TiO_2 de 0,80% a 2,49%, P_2O_5 entre 0,24% e 0,39% e K_2O variando de 0,10% a 0,64% (FIG. 9a e 9b), apresentando assinaturas geoquímicas compatíveis com basaltos toleíticos e EMORB intraplaca (FIG. 9c, 9d, 10b, 10c e 10d).

As amostras do Complexo Mayumba foram classificadas como basaltos e basalto picrítico, com assinatura toleítica e algumas variações que indicam migração para composições subalcalinas. Os teores de SiO_2 variam de 43,90% a 50,01%, Al_2O_3 entre 10,20% e 18,80%, FeOT de 6,75% a 17,28%, MgO oscilando entre 4,50% e 13,10%, TiO_2 de 0,47% a 2,98%, P_2O_5 entre 0,02% e 0,31% e K_2O variando de 0,08% a 0,34% (FIG. 9a e 9b). apresentando assinaturas geoquímicas compatíveis com basaltos MORB continental (FIG. 9d e FIG. 10d).

Figura 9. a) Diagramas de classificação utilizando elementos maiores e traços para as rochas máficas metavulcânicas da contraparte africana do paleocontinente São Francisco-Congo a) Diagrama de álcalis totais versus sílica (TAS) (Le Maitre, 2002). b) Diagrama ternário Álcalis-FeOt-MgO (Irvine; Baragar, 1971). c) Diagrama Zr-Nb-Y de Meschede (1986). d) Diagrama Th-Tb-Ta de Cabanis; Thiéblemont (1998). 1 - Tack *et al.* (2001); 2 - Vicat e Pouclet (1995); 3 - Djama *et al.* (2018); 4 - Thiéblemont *et al.* (2009).



Fonte: Elaboração própria.

Nos basaltos Gangila, os teores de elementos terras raras (Σ ETR) variam de 32,91 a 111,38 ppm, sugerindo um enriquecimento moderado em ETR. O fracionamento entre ETR leves e pesados é moderado a alto ($\text{LaN/YbN} = 2,47$ a 18,45), e os valores de LaN/YbN superiores a 10 em algumas amostras indicam um ambiente de fusão parcial relativamente baixo (FIG, 10a; Dostal *et al.*, 2016).

Nos diques Sembé-Ouessou/Comba, os teores de Σ ETR variam entre 175,88 e 231,43 ppm, indicando uma assinatura geoquímica enriquecida em ETR, com fracionamento moderado a alto ($\text{LaN/YbN} = 9,56$ a 9,85 ppm). As anomalias de Eu variam de levemente negativas a levemente positivas ($\text{Eu/Eu}^* = 0,89$ a 1,16 ppm; FIG. 10a; Dostal *et al.*, 2016).

No Complexo Nemba, os teores de ΣETR variam de 65,89 a 183,14 ppm, indicando um magmatismo moderadamente enriquecido em ETR, com fracionamento moderado a alto ($\text{LaN/YbN} = 3,65$ a $5,46$ ppm). As anomalias de Eu variam de levemente negativas a moderadamente positivas ($\text{Eu/Eu}^* = 0,84$ a $1,57$ ppm; FIG. 10a).

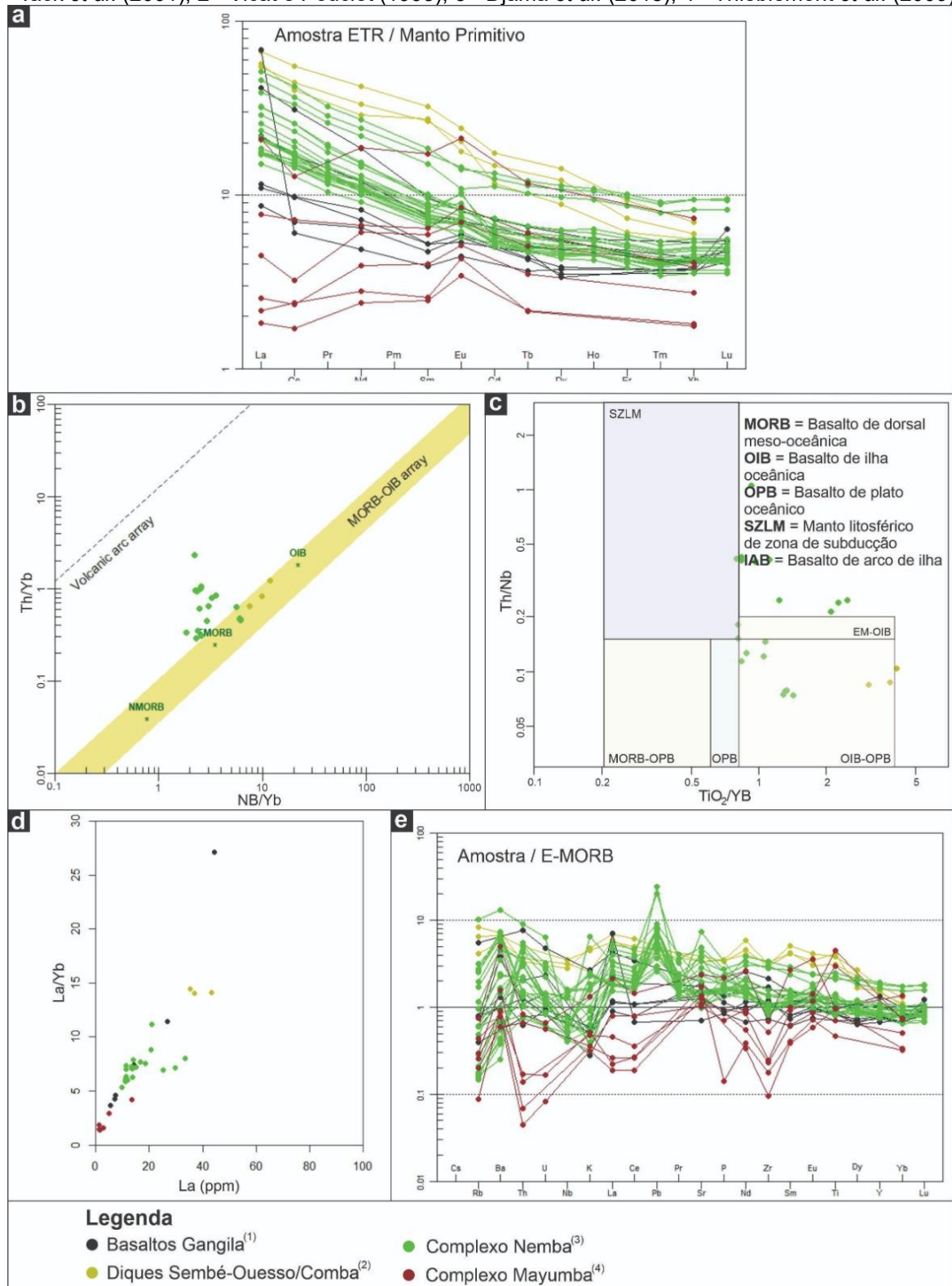
Já as rochas do Complexo Mayumba apresentam teores de ΣETR entre 9,56 e 73,23 ppm, refletindo um magma empobrecido em ETR. O fracionamento dos ETR leves em relação aos pesados varia de baixo a moderado ($\text{LaN/YbN} = 0,94$ a $2,84$ ppm; FIG. 10a).

Os perfis de elementos incompatíveis são característicos de magmas derivados do manto, posicionando-se no campo mantélico. Nesses perfis, elementos traço como Nb, Ta, Hf e os ETR apresentam correlação positiva com Zr e SiO_2 , enquanto os elementos compatíveis, como Ni e Cr, mostram correlação positiva com MgO. No Complexo Nemba e no Complexo Mayumba, os teores de Ni (53,30 a 538,00 ppm e 5,20 a 299,00 ppm, respectivamente) e de Co (19,00 a 55,40 ppm e 17,80 a 98,10 ppm). Além disso, as relações La versus La/Yb sugerindo um processo de cristalização fracionada (FIG 10d; Piccirillo & Melfi, 1988).

Nos basaltos Gangila, nos diques Sembé-Ouessou/Comba e no Complexo Nemba, os valores de La/Ce e Ce/Sm se destacam por estarem acima dos do manto primitivo (0,39 e 4,0, respectivamente; Sun & McDonough, 1989), indicando a influência de uma fonte mantélica enriquecida. O Complexo Mayumba, por sua vez, revela um comportamento mais complexo. As variações internas entre as amostras, com algumas exibindo valores próximos aos do manto primitivo, sugerem uma fonte mais heterogênea ou múltiplos episódios de geração magmática.

Os basaltos Gangila mostram razões La/Ce entre 0,44 e 0,52 e Ce/Sm de 6,09 a 13,20. Nos diques Sembé-Ouessou/Comba, os valores variam de 0,47 a 0,55 para La/Ce e de 6,05 a 7,00 para Ce/Sm. Já o Complexo Nemba apresenta La/Ce entre 0,43 e 0,48 e Ce/Sm entre 7,46 e 11,19. No Complexo Mayumba, os valores são mais dispersos: La/Ce varia de 0,35 a 0,63 e Ce/Sm de 2,26 a 4,61.

Figura 10. a) Padrões de terras raras (REE) normalizados ao manto primitivo (McDonough e Sun, 1995). b) Diagrama Nb/Yb vs. Th/Yb de Pearce (2008). Os vetores indicam a influência de componentes de subducção (S), enriquecimento intraplaca (W), contaminação crustal (C) Impressão digital geoquímica das rochas basálticas da contraparte africana do peleocontinente São Francisco-Congo diagrama Th/Nb vs. TiO_2/Yb . d) Diagrama La vs. La/Yb indicando um aumento no grau de fusão parcial do material rochoso parental e/ou um enriquecimento crescente da fonte. e) Diagrama multielementar tipo *spidergram* normalizado ao reservatório E-MORB (valores fornecidos por Sun e McDonough, 1989). 1 - Tack *et al.* (2001); 2 - Vicat e Pouclet (1995); 3 - Djama *et al.* (2018); 4 - Thiéblemont *et al.* (2009).



Fonte: Elaboração própria.

Os perfis de elementos incompatíveis são característicos de magmas derivados do manto, posicionando-se no campo mantélico. Nesses perfis, elementos traço como Nb, Ta, Hf e os ETR apresentam correlação positiva com Zr e SiO_2 , enquanto os elementos compatíveis, como Ni e Cr, mostram correlação positiva com MgO. No Complexo Nemba e no Complexo Mayumba, os teores de Ni (53,30 a 538,00 ppm e 5,20 a 299,00 ppm, respectivamente) e de Co (19,00 a 55,40 ppm e 17,80 a 98,10 ppm). Além disso, as relações La versus La/Yb sugerindo um processo de cristalização fracionada (FIG 10d; Piccirillo & Melfi, 1988).

Nos basaltos Gangila, nos diques Sembé-Ouessou/Comba e no Complexo Nemba, os valores de La/Ce e Ce/Sm se destacam por estarem acima dos do manto primitivo (0,39 e 4,0, respectivamente; Sun & McDonough, 1989), indicando a influência de uma fonte mantélica enriquecida. O Complexo Mayumba, por sua vez, revela um comportamento mais complexo. As variações internas entre as amostras, com algumas exibindo valores próximos aos do manto primitivo, sugerem uma fonte mais heterogênea ou múltiplos episódios de geração magmática.

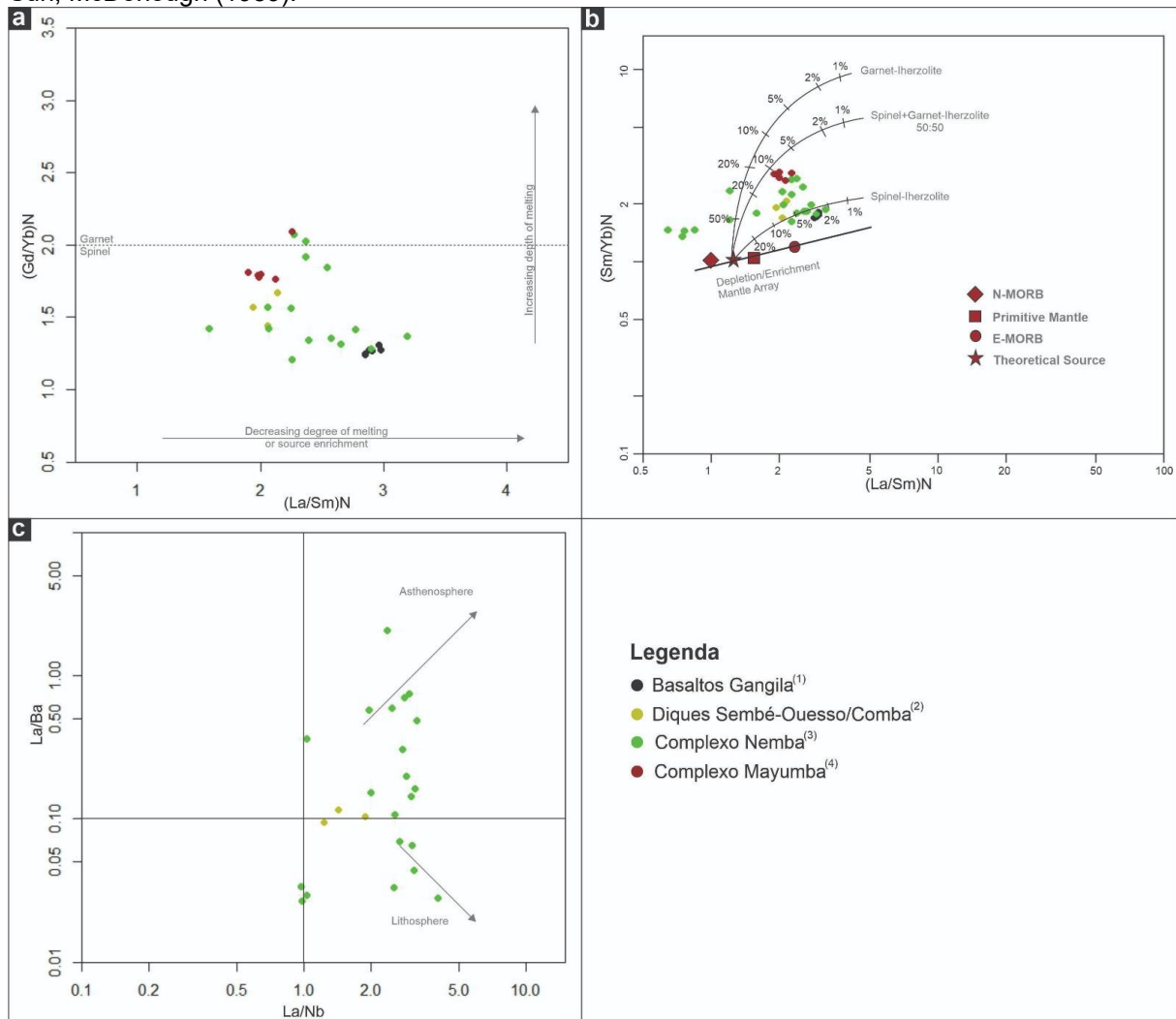
Os basaltos Gangila mostram razões La/Ce entre 0,44 e 0,52 e Ce/Sm de 6,09 a 13,20. Nos diques Sembé-Ouessou/Comba, os valores variam de 0,47 a 0,55 para La/Ce e de 6,05 a 7,00 para Ce/Sm. Já o Complexo Nemba apresenta La/Ce entre 0,43 e 0,48 e Ce/Sm entre 7,46 e 11,19. No Complexo Mayumba, os valores são mais dispersos: La/Ce varia de 0,35 a 0,63 e Ce/Sm de 2,26 a 4,61.

A comparação entre os Elementos Litófilos de Íons Grandes (LILE) e os Elementos de Alta Intensidade de Campo (HFSE) revela variações importantes entre os diferentes conjuntos amostrais. Os basaltos Gangila mostram um traço geoquímico mais uniforme, sem grandes oscilações ou anomalias. Nos diques Sembé-Ouessou/Comba, observa-se um enriquecimento discreto em LILEs, padrão que também se repete no Complexo Nemba, embora de forma mais evidente. Por outro lado, o Complexo Mayumba exibe um empobrecimento generalizado na maioria dos elementos analisados (FIG. 10e).

Os basaltos de Gangila, situados na zona associada ao espinélio, apresentam os maiores valores de (La/Sm)_N, indicando um menor grau de fusão parcial e uma fonte mais enriquecida. Já os diques de Sembé-Ouessou/Comba mostram fusão parcial intermediária, na zona do espinélio. O Complexo Mayumba se distribui próximo à zona de transição entre espinélio e granada, o que sugere fusão em profundidades intermediárias. As amostras do Complexo Nemba exibem maior dispersão nos dados,

refletindo uma ampla variação no grau de fusão e fontes localizadas próximas à zona de transição entre espinélio e granada (FIG. 11a).

Figura 11. a) O diagrama (La/Sm)_N vs. (Gd/Yb)_N indica uma fonte portadora de granada para os protólitos das rochas máficas metavulcânicas. Valores de normalização em condrito conforme Su; McDonough (1989). b) Diagrama (La/Sm)_N vs. (Sm/Yb)_N. As composições do líquido são calculadas para fusão parcial em batelada de uma fonte mantélica moderadamente empobrecida. As curvas de fusão são traçadas para lherzolita com espinélio, lherzolita com granada e uma mistura 50:50 de ambas. As composições modais da lherzolita com espinélio (olivina 53%, Opx 27%, Cpx 17%, espinélio 3%) e da lherzolita com granada (olivina 60%, Opx 20%, Cpx 10%, granada 10%) seguem Kinzler (1997) e Walter (1998). Os coeficientes de partição mineral/líquido para líquidos basálticos seguem a compilação de Rollinson (1993). As composições do Manto Primitivo, N-MORB, E-MORB e OIB são de Sun; McDonough (1989).



Fonte: Elaboração própria.

Nos basaltos de Gangila, a fusão parcial varia entre 3% e 4%, o que indica uma fonte localizada na zona de transição entre lherzolito-espinélio e lherzolito-espinélio + granada. Já os diques de Sembé-Ouessou/Comba apresentam fusão entre 5% e 8%, dentro da zona típica da lherzolita-espinélio. O Complexo Mayumba mostra valores que correspondem a uma fusão entre 7% e 11%, relacionada à zona de transição entre lherzolito-espinélio e lherzolito-granada. Por fim, o Complexo Nemba

exibe uma faixa mais ampla de fusão, entre 2% e 15%, distribuída entre a zona da lherzolita-espinélio e a zona de transição para lherzolita-granada (FIG. 11b).

As razões La/Nb e La/Ba sugerem que o Complexo Nemba está relacionado a fontes mantélicas mais profundas, com contribuição tanto do domínio litosférico quanto do astenosférico. Já os diques Sembé-Ouessou/Comba apresentam uma assinatura predominantemente astenosférica, com uma leve tendência em direção ao domínio litosférico (FIG. 11c; Saunders *et al.*, 1992).

5. DISCUSSÃO

Neste capítulo, é apresentada a discussão da compilação de dados realizada no presente estudo, com foco nas implicações geológicas relacionadas ao rifteamento Toniano da Bacia Macaúbas. Para contextualizar adequadamente as observações, comparou-se as características das rochas analisadas com dados de estudos anteriores - por exemplo Souza *et al.* (2022) e Victoria *et al.* (2022) - bem como investigações de relevância global sobre processos de rifteamento continentais associados a LIPs.

5.1 NATUREZA DA FONTE MAGMATICA

A análise geoquímica das rochas máficas revela uma notável semelhança entre os diferentes conjuntos, com predominância de composições toleíticas a subalcalinas. Esses padrões são típicos de magmatismo em ambientes intraplaca e guardam afinidade com basaltos do tipo E-MORB e basaltos continentais, sugerindo uma origem ligada a fontes mantélicas moderadamente enriquecidas, em contextos extensivos. (FIG. 3, 4, 6, 7, 8 e 9).

Nos diagramas TAS e AFM, observa-se que unidades como Capelinha, Pedro Lessa, Planalto de Minas, Rio Preto, Gangila, Sembé-Ouessou/Comba, Nemba e Mayumba apresentam composições consistentes com esse magmatismo intraplaca, com afinidade toleítica a subalcalina.

As unidades Formiga, Bahia e Sítio Novo também apresentam composições toleíticas, com assinaturas típicas de basaltos E-MORB, mas indicando uma origem relacionada a magmatismo intraplaca e, possivelmente, a platôs oceânicos.

O Complexo Salto da Divisa se destaca por exibir características mais variadas, com rochas que vão de toleíticas subalcalinas a alcalinas. Esse conjunto sugere um magmatismo transicional, com dois grupos distintos: um com afinidade cálcio-alcalina, possivelmente associado a magmatismo de arco, e outro com assinaturas semelhantes às de basaltos E-MORB gerados em ambiente intraplaca continental (FIG 6 e 7).

Essas características magmáticas foram descritas por diversos autores, como Castro *et al.* (2019), Souza *et al.* (2022), Chula (1995), Uhlein (1991), Gradim *et al.* (2005), Dussin e Chemale (2012), Chaves *et al.* (2014, 2019), Tanner de Oliveira

(1989), Barbosa *et al.* (2005), Caxito *et al.* (2014, 2020), Moreira *et al.* (2020), Victoria *et al.* (2022), Vicat e Pouclet (1995), Tack *et al.* (2001), Thiéblemont *et al.* (2009) e Djama *et al.* (2018). Dentre eles, Barbosa *et al.* (2005), Chaves *et al.* (2014) e Vicat e Pouclet (1995) descreveram as assinaturas típicas de basaltos intraplaca.

A distribuição dos elementos terras raras (ETR) corrobora essa interpretação: as amostras analisadas pelos autores compilados mostram enriquecimento em ETR leves ($\text{LaN/YbN} > 3$), anomalias de Eu levemente negativas a positivas e padrões suavemente inclinados, sugerindo uma origem mantélica enriquecida, com diferentes graus de fracionamento magmático, bem como a influência de possível metassomatismo (FIG. 4a, 7a e 10a; Dupuy e Dostal, 1984).

As concentrações de Ni e Co, as razões La/LaYb e os padrões de elementos maiores e traço indicam que essas rochas evoluíram por cristalização fracionada a partir de magmas gerados no manto (FIG. 4d, 7d e 10d). Relações positivas entre elementos traço incompatíveis (como Nb, Ta, Hf e os ETR) com Zr e SiO_2 , bem como entre elementos compatíveis (como Ni e Cr) com MgO, são características de sistemas magmáticos mantélicos. Esses dados, quando integrados ao contexto tectônico, apontam para ambientes de rifteamento intraplaca. A variabilidade geoquímica observada, em especial nos complexos Salto da Divisa, Nemba e Mayumba, pode refletir diferenças nos graus de fusão parcial, na profundidade de geração e no estágio evolutivo dos magmas, em um cenário compatível com extensão litosférica, ruptura continental ou reativação de zonas de fraqueza, conforme discutido por Piccirillo & Melfi (1988).

Com base nas razões La/Ce e Ce/Sm, é possível inferir que a maior parte das unidades analisadas foi gerada a partir de uma fonte mantélica enriquecida, uma vez que esses valores são sistematicamente superiores aos do manto primitivo (0,39 para La/Ce e 4,0 para Ce/Sm; Sun & McDonough, 1989). Isso é observado, por exemplo, na Formação Capelinha, Suíte Pedro Lessa, Formação Planalto de Minas, Complexo Salto da Divisa, Complexo Nemba e nos basaltos de Gangila, todos apresentando valores que indicam uma fonte mantélica enriquecida, compatível com a litosfera previamente modificada por processos metasomáticos ou enriquecida por eventos magmáticos anteriores (Wilson, 1989; Kamenetsky; Maas, 2002; Shaw, 2006).

Por outro lado, o Complexo Mayumba exhibe valores mais baixos e mais dispersos, especialmente nas razões Ce/Sm (variando de 2,26 a 4,61; Sun & McDonough, 1989), o que pode indicar a contribuição de uma fonte mantélica menos

enriquecida ou até empobrecida, possivelmente localizada em uma zona de transição entre domínios mantélicos distintos. A Faixa Rio Preto, com sua ampla variação nos dados, também sugere uma mistura entre fontes enriquecidas e não enriquecidas.

Os padrões de enriquecimento dos Elementos Litófilos de Íons Grandes (LILE) em relação aos Elementos de Alta Intensidade de Campo (HFSE) nas diferentes unidades analisadas indicam variações importantes nos processos magmáticos e nas condições do ambiente tectônico. Na Formação Capelinha, Suíte Pedro Lessa e Formação Planalto de Minas, o enriquecimento moderado em LILEs, associado a anomalias negativas em elementos como Rb, Ba, K e Pb, sugere cristalização fracionada acompanhada por algum grau de assimilação crustal. Esse comportamento é típico de magmatismo em ambientes extensivos, como riftes continentais, onde a crosta pode interagir com magmas derivados do manto (FIG. 4e).

Nos diques máficos de Formiga e nos da Bahia, o padrão é semelhante, com enriquecimento discreto em LILEs, reforçando a ideia de uma fonte mantélica enriquecida, mas com variações nos processos de assimilação ou na espessura da crosta atravessada. Os gabros do Sítio Novo mostram um padrão mais estável, com leve depleção em P e Pb, o que pode indicar um ambiente de menor interação crustal ou uma fonte mais homogênea (FIG. 7e; Dupuy; Dostal 1984).

Na Faixa Rio Preto e no Complexo Salto da Divisa, a grande dispersão nos dados e as anomalias marcantes sugerem um sistema magmático mais complexo e heterogêneo, com significativa assimilação de material crustal, coerente com ambientes de rifteamento onde há afinamento e ruptura da litosfera continental. O comportamento do Complexo Salto da Divisa, em especial, aponta para uma evolução magmática com forte influência da crosta continental, indicando que, possivelmente, sua área de ocorrência tratava-se de uma borda do rifte, ou até mesmo um alto estrutural entre as sub-bacias da Bacia Macaúbas (e.g. Souza *et al.*, 2022; Victoria *et al.*, 2022).

Entre as unidades do Congo Ocidental, os basaltos Gangila mostram padrões mais uniformes, sugerindo um sistema menos afetado por contaminação crustal e possivelmente gerado em estágio inicial de rifteamento. Nos diques Sembé-Ouessou/Comba e no Complexo Nemba, o leve enriquecimento em LILEs pode ser associado à influência de componentes crustais ou à fusão de uma litosfera enriquecida. Já o empobrecimento generalizado do Complexo Mayumba em

elementos traço reforça um cenário de evolução magmática marcada por fracionamento intenso e assimilação crustal variável (FIG. 10e).

As razões normalizadas $(Gd/Yb)_N > 2$ e $(Tb/Yb)_N > 1,8$ indicam a presença de granada residual na fonte mantélica, o que sugere que os protólitos das rochas metamáficas das unidades analisadas foram gerados a partir de lherzolitas contendo granada ou localizadas na zona mantélica de transição entre espinélio e granada (Rooney, 2010). Essa característica implica fusão parcial em profundidades superiores a 80–90 km, que, somadas as demais características do magmatismo, é compatível com fusões mantélicas, o que é corroborado pela assinatura de ϵ_{Hf} moderadamente juvenil a juvenil obtida por Souza *et al.* (2022) nas rochas da Fm. Planalto de Minas.

Os valores de $(La/Sm)_N$, por sua vez, revelam variações nos graus de fusão parcial, permitindo estimar diferenças importantes nas condições de geração dos magmas. Na Formação Capelinha, os valores indicam fusão entre 1% e 12% na transição espinélio–granada, sugerindo uma fonte enriquecida e relativamente profunda. A Suíte Pedro Lessa mostra menores graus de fusão (1% a 7%), com uma fonte localizada na zona de estabilidade do espinélio, implicando geração em níveis mais rasos do manto superior a níveis crustais. Já a Formação Planalto de Minas registra fusões entre 3% e 10%, compatíveis com uma fonte situada na zona de equilíbrio entre espinélio e granada, portanto em profundidade intermediária. O posicionamento relativo dessas unidades sugere que a Formação Planalto de Minas estaria associada a processos magmáticos mais profundos do que os da Suíte Pedro Lessa e da Fm. Capelinha (FIG 8b).

Nos gabros de Sítio Novo, os dados indicam uma maior dispersão tanto nos graus de fusão (3% a >20%) quanto na composição da fonte, que varia entre espinélio e transição para granada. Essa variabilidade sugere heterogeneidade mantélica significativa e possíveis pulsos magmáticos distintos. O mesmo comportamento é observado no Complexo Salto da Divisa, onde a ampla faixa de fusão parcial (<15% a >20%) e a distribuição das amostras entre os campos de espinélio e granada reforçam a hipótese de múltiplas fontes crustais a mantélicas, possivelmente enriquecidas, e de processos magmáticos complexos com contribuição variável de profundidade (FIG 8b).

Os diques máficos de Formiga apresentam graus de fusão entre 3% e 10%, associados à zona de espinélio e transição para granada, o que indica uma fonte levemente enriquecida e heterogênea. De modo semelhante, os diques da Bahia

apresentam fusão entre 6% e 10%, mais concentrados na zona de estabilidade do espinélio, refletindo uma fonte mais homogênea e menos profunda, ainda que também levemente enriquecida (FIG 8b).

Entre as unidades africanas, os basaltos de Gangila destacam-se pelos maiores valores de $(La/Sm)_N$ e menores graus de fusão (3% a 4%), características que indicam uma fonte fortemente enriquecida e localizada na zona de transição entre lherzolita-espinélio e lherzolita-granada. Já os diques Sembé-Ouessou/Comba, com fusão parcial entre 5% e 8%, situam-se na zona do espinélio, o que aponta para uma fonte levemente enriquecida. O Complexo Mayumba apresenta fusão entre 7% e 11%, o que indica uma geração magmática em profundidades intermediárias, na zona de transição espinélio-granada, a partir de uma fonte relativamente homogênea e moderadamente enriquecida. Por fim, o Complexo Nemba mostra uma ampla faixa de fusão (2% a 15%) e distribuição das amostras entre espinélio e a zona de transição para granada, o que sugere uma fonte mantélica enriquecida, mas também heterogênea, indicando variações composicionais locais e diferentes condições de geração do magma (FIG 11b).

Em conjunto, os dados sugerem que as unidades analisadas derivam predominantemente de uma fonte mantélica enriquecida, com variações significativas nos graus de fusão parcial e nas profundidades de geração dos magmas, mas também com fusões de fonte crustal. A presença de granada em parte das fontes e a localização dos campos de fusão em zonas de transição sugerem que os magmas foram gerados em um contexto tectônico extensional, com afinidades a processos de rifteamento, onde o manto superior mostra heterogeneidade composicional e sugere a possibilidade de diferentes graus de fertilização metasomática, o que deverá ser melhor investigado em trabalhos futuros.

As razões La/Nb e La/Ba fornecem importantes indícios sobre a natureza e profundidade das fontes mantélicas envolvidas na geração dos magmas. Os valores obtidos para as Formações Capelinha e Planalto de Minas apontam para uma fonte mantélica mais profunda, situada na transição entre os domínios litosférico e astenosférico, o que é compatível com os demais dados que indicam fusão em zonas de equilíbrio entre espinélio e granada. Essa interpretação sugere um contexto tectônico mais maduro de rifteamento, com aporte de material do manto astenosférico (FIG 5c).

Por outro lado, a Suíte Pedro Lessa apresenta razões La/Nb e La/Ba mais elevadas, coerentes com uma fonte predominantemente litosférica. Essa assinatura reforça a interpretação de que seus magmas foram gerados a partir de uma lherzolita com espinélio em níveis mais rasos do manto, com fusão parcial mais limitada e menor contribuição de material astenosférico (FIG 8c).

No caso do Complexo Salto da Divisa, as razões La/Nb e La/Ba apontam para uma origem predominantemente ligada ao manto litosférico, embora algumas amostras se projetem no campo astenosférico. Essa dualidade é coerente com a alta dispersão dos dados geoquímicos e com o amplo intervalo de fusão parcial observado, o que sugere um sistema magmático híbrido, alimentado por uma fonte mantélica heterogênea (FIG 8c).

As assinaturas geoquímicas dos diques máficos de Formiga e dos gabros do Sítio Novo indicam fontes principalmente litosféricas, embora com indícios de influência astenosférica. Essa interpretação é compatível com seus posicionamentos intermediários nos diagramas de profundidade e com os graus variados de fusão parcial. Já os diques máficos da Bahia mostram razões La/Nb e La/Ba consistentes com uma fonte essencialmente litosférica, sem sinais evidentes de contribuição astenosférica, o que reforça sua gênese em estágios iniciais de rifteamento ou sob uma litosfera espessa e ainda dominante (FIG 8c).

Na Faixa Rio Preto, as razões La/Nb e La/Ba indicam uma assinatura majoritariamente astenosférica, ainda que com leve tendência em direção ao domínio litosférico. Esse comportamento é coerente com os dados de fusão parcial e com a interpretação de uma fonte mantélica mais homogênea, possivelmente associada a um estágio mais evoluído de rifteamento ou a ascensão direta do manto astenosférico (FIG 8c).

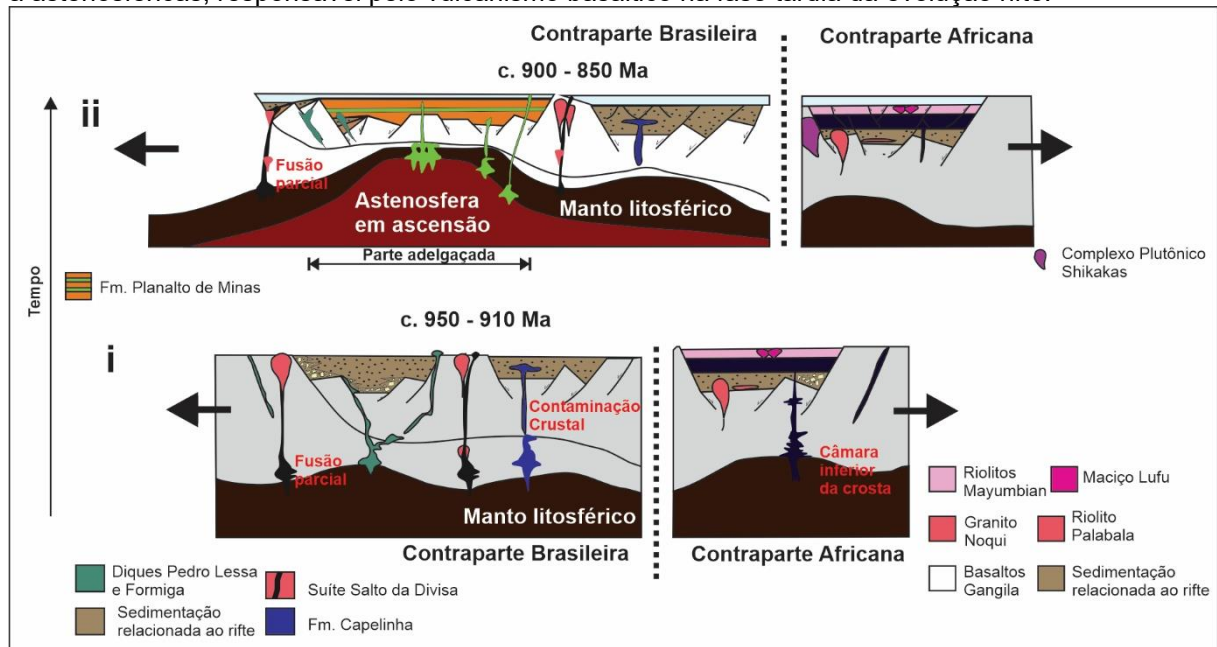
Entre as unidades africanas, o Complexo Nemba também apresenta razões La/Nb e La/Ba que indicam fontes mantélicas profundas, com contribuição mista de manto litosférico e astenosférico. Esse padrão é consistente com a grande variação observada nos graus de fusão parcial e com a distribuição das amostras entre zonas de espinélio e granada. Os diques de Sembé-Ouessou/Comba, por sua vez, exibem uma assinatura predominantemente astenosférica, embora com leve inclinação em direção ao domínio litosférico. Isso sugere uma fonte intermediária, provavelmente relacionada a um regime extensional já bem estabelecido, com entrada significativa

de material astenosférico, mas ainda sob influência parcial da litosfera superior. (FIG 11c).

5.2 MODELO TECTONOMAGMÁTICO

A variedade composicional observada entre os diferentes grupos de amostras sugere que o magmatismo máfico na região ocorreu em pulsos distintos, provavelmente relacionados a episódios sucessivos de rifteamento ou à reativação de estruturas tectônicas pré-existentes. Estudos anteriores, como o de Souza *et al.* (2022), apontam para a ocorrência de duas fases principais de magmatismo anorogênico durante o Toniano Inferior, reforçando a ideia de um rifteamento em múltiplos estágios magmáticos, em que segmentos distintos da litosfera (crosta e manto litosférico) e da astenosfera teriam sido fundidos parcialmente ao longo da evolução tectono-magmática da Bacia Macaúbas (FIG 12).

Figura 12. Seções esquemáticas (adaptadas de Pedrosa-Soares *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2022) ilustrando dois estágios tectonomagmáticos distintos no desenvolvimento do rifte Macaúbas: i) fusão parcial por descompressão de fontes mantélicas litosféricas, associada ao início do estiramento do paleocontinente São Francisco-Congo; ii) fusão parcial de fontes mantélicas que variam de litosféricas a astenosféricas, responsável pelo vulcanismo basáltico na fase tardia da evolução rifte.



Fonte: Souza *et al.*, 2022.

Segundo Souza *et al.* (2022), a comparação entre dados litoquímicos, geocronológicos e isotópicos sustenta a existência desses dois episódios magmáticos distintos. O primeiro estágio teria sido desencadeado por fusão parcial por descompressão de fontes litosféricas (crosta e manto litosférico), refletindo os

estágios iniciais de estiramento do paleocontinente São Francisco–Congo, entre aproximadamente 950 e 910 Ma, no início do evento E5. À medida que o estiramento se intensificou e o manto ascendeu progressivamente, uma segunda fase tectono-magmática teria se originado de fontes astenosféricas, culminando em magmatismo datado entre 890 e 870 Ma. Essa evolução é compatível com o magmatismo toleítico de *flood basalts* típico de ambientes extensivos, como resultado do afinamento litosférico e da ascensão de magmas profundos do manto (Wilson, 1989). Tal cenário está de acordo com modelos que associam a formação de riftes a plumas mantélicas ascendentes e a LIPS (Schmeling, 2010; Ernest, 2014).

O conjunto desses eventos magmáticos, distribuídos ao longo do paleocontinente São Francisco–Congo, reforça a proposta de uma Grande Província Ígnea (LIP), conhecida como Bahia–Gangila LIP (Chaves *et al.*, 2019), possivelmente associada à atuação de uma pluma mantélica (Correa-Gomes; Oliveira, 2000; Salgado *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2022).

A análise geoquímica das amostras máficas e mataígneas reforça sua vinculação a um ambiente de rifteamento continental ou a um contexto intraplaca. As assinaturas toleíticas predominantes e os traços geoquímicos indicam magmas oriundos de fontes mantélicas enriquecidas, com variações significativas nos graus de fusão parcial e na profundidade de geração - características típicas de LIPs (Ernst, 2014).

Apesar de uma origem comum ser sugerida para muitas das amostras, as diferenças geoquímicas revelam processos diversos, como distintos graus de fusão, interação com a crosta e heterogeneidade nas fontes mantélicas. Tais variações são coerentes com a dinâmica de rifteamento, envolvendo zonas de fraqueza litosférica e a possível atuação de plumas mantélicas. As assinaturas de elementos terras raras (ETR), como a anomalia negativa de Eu e o enriquecimento em ETR leves, apontam para um manto inferior modificado por metasomatismo. Além disso, as razões La/Nb e La/Ba indicam fontes mantélicas situadas em diferentes profundidades, algumas próximas da transição litosfera-astenosfera (Ernst, 2014).

Essa diversidade geoquímica, observada tanto nas unidades brasileiras quanto nas africanas, traduz uma evolução magmática complexa e segmentada, cenário típico da formação de LIPs em riftes continentais. Os dados analisados sustentam firmemente a hipótese de que essas rochas resultam de um magmatismo

extensivo e profundo, vinculado à ruptura continental e ao afinamento progressivo da litosfera.

Por fim, destaca-se que LIPs e seus sistemas de diques contribuem para reduzir a resistência da litosfera (Buck, 2004; Schmeling, 2010). Assim, o magmatismo basáltico volumoso do Toniano Inferior, reconhecido como uma província ígnea gigante, pode ter desempenhado papel fundamental na fragmentação do paleocontinente São Francisco-Congo, antecedendo o rifte Criogeniano e culminando na formação de uma margem passiva e crosta oceânica no Ediacarano Inferior (Amaral *et al.*, 2020).

6. CONCLUSÃO

Este estudo proporcionou uma análise detalhada dos processos tectonomagmáticos associados ao rifteamento Toniano registrado na Bacia Macaúbas e em rochas cronocorrelatas e suas implicações tectono-magmáticas, com foco no magmatismo máfico. Através das análises geoquímicas, foi possível identificar assinaturas crustais e mantélicas distintas, o que permitiu uma atualização do modelo tectono-magmático para esta bacia.

As principais conclusões indicam que, na maior parte das amostras analisadas, as rochas apresentam características típicas de magmatismo intraplaca e rifteamento continental, com predominância de magmas do tipo E-MORB e basaltos continentais. A diversidade geoquímica, especialmente nos padrões de elementos terras raras (ETR), aponta para uma origem mantélica enriquecida, com variações no grau de fracionamento e na profundidade da fusão. A heterogeneidade observada nas unidades de Salto da Divisa, Nemba e Mayumba reflete diferentes estágios evolutivos do magmatismo, possivelmente ligados à interação com a crosta e processos de assimilação crustal, particularmente em áreas de borda ou de altos estruturais do rifteamento.

O estudo também evidenciou que os diferentes graus de fusão parcial das fontes mantélicas e as variações nas concentrações de elementos traço indicam um cenário de rifteamento progressivo. Nos estágios iniciais, o magmatismo parece ter sido dominado por fusões de fontes litosféricas mais superficiais, seguido por pulsos magmáticos originados por fusões astenosféricas mais profundas. Essa evolução está alinhada com modelos tectônicos que sugerem duas fases de rifteamento no paleocontinente São Francisco-Congo, refletidas por pulsos magmáticos que contribuíram para a formação de grandes províncias ígneas, como a LIP Bahia–Gangila.

Além disso, a análise dos diagramas geoquímicos permitiu identificar fontes mantélicas enriquecidas, com possível forte influência de metasomatismo, o que precisa ser investigado, e fontes mais homogêneas associadas a magmas originados de zonas de fusão mais profundas. O comportamento das razões La/Ce e Ce/Sm, junto com os padrões de elementos litófilos e de alta intensidade de campo, sugere um magmatismo intimamente ligado à dinâmica de rifteamento, influenciado pela

interação entre a crosta e o manto superior, refletindo uma complexa história tectônica de afinamento e ruptura litosférica.

Em resumo, os resultados geoquímicos deste estudo corroboram a hipótese de que o magmatismo associado ao rifteamento Toniano não foi um evento isolado, mas um processo prolongado, com pelo menos duas fases tectônicas e magmáticas, caracterizado pela interação entre o manto litosférico e astenosférico. A região se insere em um contexto mais amplo de reconfiguração tectônica global, envolvendo a formação de bacias rifteadas e a reativação de zonas de fraqueza da crosta, o que contribui para a compreensão da evolução tectônica e magmática do paleocontinente São Francisco-Congo.

REFERÊNCIAS

- ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S.; PEDROSA-SOARES, A. C.; PERES, G. G.; CRUZ, S. C. P.; WHITTINGTON, A. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, v. 149, n. 1-2, p. 43–64, 2006.
- ALKMIM, F. F.; KUCHENBECKER, M.; REIS, H. L. S.; PEDROSA-SOARES, A. C. The Araçuaí Belt. Cham: Springer International Publishing Switzerland, 2017.
- ALMEIDA, F. F. M. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 7, p. 349–364, 1977.
- ALMEIDA, F. F. M. O Cráton do Paramirim e sua relação com o do São Francisco. In: SIMPÓSIO DO CRÁTON SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, Salvador, 1981. Anais [...]. Salvador: [s.n.], 1981. p. 1–10.
- AMARAL, L.; CAXITO, F. D. A.; PEDROSA-SOARES, A. C.; QUEIROGA, G.; BABINSKI, M.; TRINDADE, R.; LANA, C.; CHEMALE, F. The Ribeirão da Folha ophiolite-bearing accretionary wedge (Araçuaí orogen, SE Brazil): New data for Cryogenian plagiogranite and metasedimentary rocks. *Precambrian Research*, v. 336, 105522, 2020.
- BABINSKI, M.; TRINDADE, R.; PEDROSA-SOARES, A. C.; MARTINS, M. S.; NOCE, C. M.; LIU, D. Neoproterozoic glacial deposits from the Araçuaí orogen, Brazil: Age, provenance and correlations with the São Francisco craton and West Congo belt. *Gondwana Research*, v. 21, p. 451–465, 2012.
- BARBOSA, J dos S F; SABATÉ, P. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precambrian Research*, v. 133, n. 1–2, p. 1–27, 2004.
- BERSAN, M. S.; DANDERFER, A.; ABREU, F. R.; LANA, C. Petrography, geochemistry and geochronology of the potassic granitoids of the Rio Itacambiruçu Supersuite: Implications for the Meso- to Neoarchean evolution of the Itacambira-Monte Azul block. *Brazilian Journal of Geology*, v. 48, n. 1, p. 1–24, 2018.
- BRITO-NEVES, B. B.; CAMPOS-NETO, M. C.; FUCK, R. A. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African cycle and orogenic collage. *Episodes*, v. 22, p. 155–199, 1999.
- BUCK, W.R. Consequences of asthenospheric variability on continental rifting. In: KARNER, G.D.; TAYLOR, B.; DRISCOLL, N.W.; KOHLSTEDY, D.L. (Eds.). *Rheology and deformation of the lithosphere at continental margins*. New York: Columbia University Press, 2004. p. 1-30.
- CABANIS, B.; THIÉBLEMONT, D. La discrimination des tholéites continentales et des basaltes arrière-arc. Proposition d'un nouveau diagramme, le triangle Th–3×Tb–2×Ta. *Bulletin de la Société Géologique de France*, série 8, v. IV, p. 927–935, 1998.

CASTRO, M. P.; QUEIROGA, G.; MARTINS, M.; ALKMIM, F.; PEDROSA-SOARES, A.; DUSSIN, I.; SOUZA, M. E. An Early Tonian rifting event affecting the São Francisco-Congo paleocontinent recorded by the Lower Macaúbas Group. *Precambrian Research*, v. 331, 105351, 2019.

CASTRO, M. P.; QUEIROGA, G. N.; MARTINS, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; DIAS, L.; LANA, C.; BABINSKI, M.; ALKMIM, A. R.; DA SILVA, M. A. Provenance shift through time in superposed basins: From Early Cryogenian glaciomarine to Late Ediacaran orogenic sedimentations (Araçuaí Orogen, SE Brazil). *Gondwana Research*, v. 87, p. 41–66, 2020.

CAXITO, F. de A.; UHLEIN, A.; DANTAS, E. L.; STEVENSON, R.; SALGADO, S. S.; DUSSIN, I. A.; SIAL, A. N. de. A complete Wilson Cycle recorded within the Riacho do Pontal Orogen, NE Brazil: Implications for the Neoproterozoic evolution of the Borborema Province at the heart of West Gondwana. *Precambrian Research*, v. 282, p. 97–120, 2016.

CAXITO, F. D. A.; HAGEMANN, S.; DIAS, T. G.; BARROTE, V.; DANTAS, E. L.; CHAVES, A. de O.; CAMPELLO, M. S.; CAMPOS, F. C. A magmatic barcode for the São Francisco Craton: Contextual in-situ SHRIMP U–Pb baddeleyite and zircon dating of the Lavras, Pará de Minas and Formiga dike swarms and implications for Columbia and Rodinia reconstructions. *Lithos*, v. 374–375, 105708, 2020.

CHAVES, A. de O.; MENEZES, C. B.; PAULA, S. C. de. Litoquímica dos diques máficos de Formiga/Pedro Lessa (Brasil) e Kinga-Comba/Sembé-Ouessou (África): marcadores da tafrogênese toniana no cráton São Francisco-Congo. *Brazilian Journal of Geology*, v. 44, n. 1, p. 5–11, 2014.

CHAVES, A. D. O.; ERNST, R. E.; SODERLUND, U.; WANG, X.; NAERAA, T. The 920–900 Ma Bahia-Gangila LIP of the São Francisco and Congo cratons and link with Dashigou-Chulan LIP of North China craton: New insights from U–Pb geochronology and geochemistry. *Precambrian Research*, v. 329, p. 124–137, 2019.

CHEMALE, F.; DUSSIN, I. A.; ALKMIM, F. F.; MARTINS, M. S.; QUEIROGA, G. N.; ARMSTRONG, R.; SANTOS, M. N. Unravelling a Proterozoic basin history through detrital zircon geochronology: The case of the Espinhaço Supergroup, Minas Gerais, Brazil. *Gondwana Research*, v. 22, n. 1, p. 200–206, 2012.

CHULA, A.M.D. *Caracterização geológica e geoquímica dos metamagmatitos e metassedimentos da região de Planalto de Minas, Município de Diamantina, MG*. 1996. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. 157 p.

CONDIE, K. C. *Earth as an Evolving Planetary System*. 2. ed. Oxford: UK, 2011. 593 p.

CORDANI, U. G.; BRITO-NEVES, B. B.; D'AGRELLA-FILHO, M. S.; TRINDADE, R. I. F. Tearing-up Rodinia: the Neoproterozoic paleogeography of South American cratonic fragments. *Terra Nova*, v. 15, p. 343–349, 2003.

CORREA-GOMES, L. C.; OLIVEIRA, E. P. Radiating 1.0 Ga mafic dike swarms of eastern Brazil and western Africa: evidence of post-assembly extension in the Rodinia supercontinent? *Gondwana Research*, v. 3, p. 325–332, 2000.

COSTA, A. F. O.; DANDERFER FILHO, A.; LANA, C. O registro do vulcanismo calimiano no Espinhaço Central (MG): Caracterização petrofaciológica, geoquímica e geocronológica. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 2, p. 119–135, 2014.

COSTA, A. F. O.; DANDERFER, A. Tectonics and sedimentation of the central sector of the Santo Onofre Rift, north Minas Gerais. *Brazilian Journal of Geology*, v. 47, n. 3, p. 491–519, 2017.

COSTA, A. F. O.; DANDERFER, A.; BERSAN, S. M. Record of a Statherian rift-sag basin in the central Espinhaço range: facies characterization and geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 82, p. 311–328, 2018.

D'AGRELLA-FILHO, M.S.; CORDANI, U.G. The paleomagnetic record of the São Francisco-Congo Craton. In: *Springer International Publishing*, Switzerland, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-01715-0_14. Acesso em: 11 maio 2025.

DANDERFER, A.; DE WAELE, B.; PEDREIRA, A. J.; NALINI, H. A. New geochronological constraints on the geological evolution of Espinhaço basin within the São Francisco Craton-Brazil. *Precambrian Research*, v. 170, n. 1-2, p. 116–128, 2009.

DANDERFER FILHO, A.; LANA, C. C.; NALINI JÚNIOR, H. A.; COSTA, A. F. O. Constraints on the Statherian evolution of the intraplate rifting in a Paleo-Mesoproterozoic paleocontinent: New stratigraphic and geochronology record from the eastern São Francisco craton. *Gondwana Research*, online, 2014.

DELUCA, C.; PEDROSA-SOARES, A.; LIMA, S.; CORDANI, U.; SATO, K. Provenance of the Ediacaran Salinas Formation (Araçuaí Orogen, Brazil): Clues from lithochemical data and zircon U-Pb (SHRIMP) ages of volcanic clasts. *Brazilian Journal of Geology*, v. 49, n. 2, e20190017, 2019.

DJAMA, L. M. J.; BAZIKA, U. V. M.; BOUDZOU MOU, F.; MOUZEO, K. Petrology and geodynamic context of metabasic rocks of Nemba Complex in the West Congo Fold Belt (Republic of Congo). *International Journal of Geosciences*, v. 9, p. 1–18, 2018.

DOMINGUES DA COSTA, F. G.; ALKMIM, F. F.; MUZZI, P. The Ediacaran Salinas turbidites, Araçuaí Orogen, MG: tectonics and sedimentation interplay in a syn-orogenic basin. *Brazilian Journal of Geology*, v. 48, n. 4, p. 783–804, 2018.

DOSTAL, J.; KEPPIE, J.D.; WILSON, R.A. Nd isotopic and trace element constraints on the source of Silurian-Devonian mafic lavas in the Chaleur Bay Synclinorium of New Brunswick (Canada): Tectonic implications. *Tectonophysics*, v. 681, p. 364–375, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2015.10.002>. Acesso em: 11 maio 2025.

DUSSIN, I. A.; DUSSIN, T. M. Supergrupo Espinhaço: Modelo de evolução geodinâmica. *Geonomos*, v. 3, p. 19–26, 1995.

DUSSIN, I.A.; CHEMALE JR., F. Geologia estrutural e estratigrafia do Sistema Espinhaço – Chapada Diamantina e sua aplicação nas bacias mesocenozóicas da margem passiva brasileira. 2012. 218 p.

ERNST, R. E. *Large Igneous Provinces*. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014

EVANS, D.; TRINDADE, R.; CATELANI, E.; D'AGRELLA-FILHO, M. S.; HEAMAN, L. M.; OLIVEIRA, E. P.; SODERLUND, U.; ERNST, R. E.; SMIRNOV, A. V.; SALMINEN, J. M. Return to Rodinia? Moderate to high paleolatitude of the São Francisco/Congo craton at 920 Ma. In: LI, Z. X.; EVANS, D. A. D.; MURPHY, J. B. (Eds.). *Supercontinent Cycles through Earth History*. London: Geological Society of London, Special Publication, p. 167–190, 2016.

GROSSI-SAD, J. H.; MOTTA, E.; BAARS, F. Formação Capelinha: uma nova entidade litoestratigráfica do Grupo Macaúbas Superior. *Anais do VII Simpósio de Geologia de Minas Gerais*, v. 12, p. 30–33, 1993.

GRADIM, R. J.; ALKMIM, F. F.; PEDROSA-SOARES, A. C.; BABINSKI, M.; NOCE, C. M. Xistos verdes do Alto Araçuaí, Minas Gerais: Vulcanismo básico do rifte Neoproterozoico Macaúbas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, p. 59–69, 2005.

GRADIM, C.; RONCATO JORGE, J.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CORDANI, U.; DUSSIN, I.; ALKMIM, F. F.; QUEIROGA, G.; JACOBSON, T.; SILVA, L. C.; BABINSKI, M. The hot back-arc zone of the Araçuaí orogen, Eastern Brazil: from sedimentation to granite generation. *Brazilian Journal of Geology*, v. 44, p. 155–180, 2014.

GROSSI-SAD, J. H.; ROQUE, N. C.; KNAUER, L. G.; NOCE, C. M.; FONSECA, E. Geologia da Folha Carbonita. In: GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SOARES FILHO, B. S. (eds.). *Projeto Espinhaço*. CODEMIG, Belo Horizonte, p. 1251–1371, 1997.

GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SOARES FILHO, B. S. *Projeto Espinhaço em CD-ROM* (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte: COMIG, 2693 p., 1997.

HEILBRON, M.; DUARTE, B. P.; VALERIANO, C. M.; SIMONETTI, A.; MACHADO, N.; NOGUEIRA, J. R. Evolution of reworked Paleoproterozoic basement rocks within the Ribeira belt (Neoproterozoic), SE-Brazil, based on U-Pb geochronology: Implications for paleogeographic reconstructions of the São Francisco-Congo paleocontinent. *Precambrian Research*, v. 178, p. 136–148, 2010.

IRVINE, T. N.; BARAGAR, W. R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8, n. 5, p. 523–548, 1971.

JANOŮŠEK, V.; FARROW, C. M.; ERBAN, V. Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, v. 47, n. 6, p. 1255–1259, 2006.

KAMENETSKY, V. S.; MAAS, R. Mantle-melt evolution (dynamic source) in the origin of a single MORB suite: a perspective from magnesian glasses of Macquarie Island. *Journal of Petrology*, v. 43, p. 1909–1922, 2002.

KARFUNKEL, J.; HOPPE, A. Late Proterozoic glaciation in central-eastern Brazil: synthesis and model. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 65, p. 1–21, 1988.

KINZLER, R. J. Melting of mantle peridotite at pressures approaching the spinel to garnet transition: application to mid-ocean ridge basalt petrogenesis. *Journal of Geophysical Research*, v. 102, n. B1, p. 853–874, 1997.

KNAUER, L. G.; SILVA, L. L.; SOUZA, F. B. B.; SILVA, L. R.; CARMO, R. C. *Folha Monte Azul 1:100.000*. Brasília: CPRM, Programa Geologia do Brasil, 2006.

KUCHENBECKER, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; BABINSKI, M.; FANNING, M. Detrital zircon age patterns and provenance assessment for pre-glacial to post-glacial successions of the Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí orogen, Brazil. *Precambrian Research*, v. 266, p. 12–26, 2015.

LEDRU, P. J.; JOHAN, V.; MILÉSI, J. P.; TEGYCY, M. Markers of the last stage of the Paleoproterozoic collision: Evidence for a 2 Ga continent involving circum-South Atlantic provinces. *Precambrian Research*, v. 69, p. 169–191, 1994.

LIMA, S. A. A.; MARTINS-NETO, M. A.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CORDANI, U. G.; NUTMAN, A. A Formação Salinas na área-tipo, NE de Minas Gerais: uma proposta de revisão da estratigrafia da Faixa Araçuaí com base em evidências sedimentares, metamórficas e de idades U-Pb SHRIMP. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 32, n. 4, p. 491–500, 2002.

LE MAITRE, R.W. *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*. 2. ed. Cambridge; New York; Melbourne: Cambridge University Press, 2002. *Geological Magazine*, v. 140, n. 3, p. 367. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0016756803388028>.

MACHADO, N.; SCHRANK, A.; ABREU, F. R.; KNAUER, L. G.; ALMEIDA-ABREU, P. A. Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço Meridional. *V Simp. Geol. Minas Gerais, Anais*, p. 171–174, Belo Horizonte, 1989.

MAGALHÃES, J.R.; PEDROSA-SOARES, A.; DUSSIN, A.; MÜNTENER, O.; PINHEIRO, M.A.; SILVA, L.C.; KNAUER, L.G.; BOUVIER, A.-N.; BAUMGARTNER, L. First Lu-Hf, $\delta^{18}\text{O}$ and trace elements in zircon signatures from the Statherian Espinhaço anorogenic province (Eastern Brazil): geotectonic implications of a silicic large igneous province. *Braz. J. Geol.*, v. 48, n. 4, p. 735–759, 2018.

MARTINS, M. S. *Geologia dos diamantes e carbonados aluvionares da bacia do Rio Macaúbas (MG)*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, IGC/Colegiado Pós-graduação, 248 p., 2006.

MARTINS, M.; KARFUNKEL, J.; NOCE, C. M.; BABINSKI, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SIAL, A. N.; LIU, D. A sequência pré-glacial do Grupo Macaúbas na área-tipo e

o registro da abertura do Rifte Araçuaí. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, n. 4, p. 761–772, 2008.

McDONOUGH, W. F.; SUN, S. S. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, v. 120, n. 3-4, p. 223–253, 1995.

MENEZES, R. C. L.; CONCEIÇÃO, H.; ROSA, M. L. S.; MACAMBIRA, M. J. B.; GALARZA, M. A.; RIOS, D. C. Geoquímica e geocronologia de granitos anorogênicos tonianos (c. 914–899 Ma) da Faixa Araçuaí no Sul do Estado da Bahia. *Geonomos*, v. 20, p. 1–13, 2012.

MESCHEDE, M. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, v. 56, p. 207–218, 1986.

MINAS GERAIS. Instituto de Gestão de Desenvolvimento Sustentável (IDSE). *Catálogo de dados geoespaciais - IDE-SISEMA*. Belo Horizonte: SEMAD/IDSE, [2025?]. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home>. Acesso em: 12 abr. 2025.

MOREIRA, H. F.; DANDERFER, A.; COSTA, A. F. O.; BERSAN, S. M.; LANA, C. C.; QUEIROGA, G. N. Record of Early Tonian mafic magmatism in the central Espinhaço (Brazil): New insights for break-up of the Neoproterozoic landmass ancestor of São Francisco-Congo paleocontinent. *Geosci. Front.*, v. 11, n. 6, p. 2323–2337, 2020.

NANCE, R. D.; MURPHY, J. B.; SANTOSH, M. The supercontinent cycle: A retrospective essay. *Gondwana Research*, v. 25, p. 4–29, 2014.

NOCE, C. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; GROSSI-SAD, J. H.; BAARS, F. J.; GUIMARÃES, M. L. V.; MOURÃO, M. A. A.; OLIVEIRA, M. J. R.; ROQUE, N. C. Nova subdivisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: o registro de uma bacia neoproterozoica. In: SBG, *Simpósio de Geologia de Minas Gerais*, 9, Ouro Preto, Anais, p. 29–31, 1997.

NOCE, C. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SILVA, L. C.; ALKMIM, F. F. O embasamento arqueano e paleoproterozóico do orógeno Araçuaí. *Geonomos*, v. 15, n. 1, p. 17–23, 2007.

NOVO, T. A.; RONCATO, J.; BHERING, A. P.; CARVALHO, C. M.; CORDEIRO, E. Z.; CARNEIRO, G. A.; PEREIRA, M. A. S.; COELHO, V. P.; PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M. Rochas charno-enderbíticas da região de Carangola: Implicações para a conexão Araçuaí-Ribeira. In: *Simpósio de Geologia do Sudeste*, 10, Diamantina, SBGMG, Resumos, 2007.

NOVO, T. A.; PEDROSA-SOARES, A. C.; VIEIRA, V. S.; DUSSIN, I.; SILVA, L. C. The Rio Doce Group revisited: an Ediacaran arc-related volcano-sedimentary basin, Araçuaí orogen (SE Brazil). *Journal of South American Earth Science*, v. 85, p. 345–361, 2018.

OLIVEIRA, R. G.; MARTINS, M.; QUEIROGA, G.; SOUZA, M. E. S.; LANA, C.; ALKMIM, A. R.; SILVA, M. A. L.; BUENO, C.; LINHARES, D. Sedimentary

provenance and role of tectonic inheritance on the control of the Macaúbas group, eastern margin of São Francisco Craton (SE Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, v. 109, 103210, 2021.

PEARCE, J. A. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with application to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, v. 100, p. 14–48, 2008.

PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; VIDAL, P.; MONTEIRO, R.; LEONARDOS, O. H. Toward a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) - West Congolian (SW Africa) Belt. *J. S. Am. Earth Sci.*, v. 6, p. 33–47, 1992.

PEDROSA-SOARES, A. C.; VIDAL, P.; LEONARDOS, O. H.; BRITO-NEVES, B. B. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: Further evidence and refutation of an exclusively ensialic evolution for the Araçuaí-West-Congo orogen. *Geology*, v. 26, n. 6, p. 519–522, 1998.

PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; WIEDEMANN, C. M.; PINTO, C. P. The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research*, v. 110, p. 307–323, 2001.

PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; ALKMIM, F. F.; SILVA, L. C.; BABINSKI, M.; CORDANI, U.; CASTAÑEDA, C. Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomos*, v. 15, n. 1, p. 1–16, 2007.

PEDROSA-SOARES, A. C.; ALKMIM, F. F.; TACK, L.; NOCE, C. M.; BABINSKI, M.; SILVA, L. C.; MARTINS-NETO, M. A. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West-Congo orogen. *Geological Society, London, Special Publications*, v. 294, 2008.

PEDROSA-SOARES, A. C.; ALKMIM, F. F. How many rifting events preceded the development of the Araçuaí-West Congo orogen? *Geonomos*, v. 19, p. 244–251, 2011.

PEDROSA-SOARES, A. C.; BABINSKI, M.; NOCE, C. M.; MAXIMILIANO, M.; QUEIROGA, G.; VILELA, F. The Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí orogen. SE Brazil. *Memoirs. Geological Society, London*, p. 523–534, 2011.

PEDROSA-SOARES, A. C.; DUSSIN, I.; NSEKA, P.; BAUDET, D.; FERNANDEZ-ALONSO, M.; TACK, L. Tonian rifting events on the Congo-São Francisco palaeocontinent: new evidence from U-Pb and Lu-Hf data from the Shinkakasa plutonic complex (Boma region, West Congo Belt, Democratic Republic of Congo). *Abstract Book*, Mons, Belgium, p. 44, 2016.

PEIXOTO, E.; PEDROSA-SOARES, A. C.; ALKMIM, F. F.; DUSSIN, I. A. A suture-related accretionary wedge formed in the Neoproterozoic Araçuaí orogen (SE Brazil) during Western Gondwanaland assembly. *Gondwana Research*, v. 27, p. 878–896, 2015.

PFLUG, R. Observações sobre a Estratigrafia da Série Minas na Região de Diamantina. Rio de Janeiro: DNPM/DFPM, Boletim 142, 20 p., 1968.

PICCIRILLO, E. M.; MELFI, A. J. *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects*. 1. ed. São Paulo: IAG/USP, 1988.

QUEIROGA, G. N.; PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; ALKMIM, F. F.; PIMENTEL, M. M.; DANTAS, E.; MARTINS, M.; CASTAÑEDA, C.; SUITA, M. T. F.; PRICHARD, H. Age of the Ribeirão da Folha ophiolite, Araçuaí Orogen: The U-Pb Zircon (LA-ICPMS) dating of a plagiogranite. *Geonomos*, v. 15, n. 1, p. 61–65, 2007.

QUEIROGA, G. N.; DUSSIN, I. A.; MARTINS, M.; MACHADO, M. C.; KAWASHITA, K.; CHEMALE, F. Roteiro de Campo – Rochas Ígneas. In: DUSSIN, I. A.; CHEMALE, F. (eds.). *Geologia Estrutural e Estratigrafia do Sistema Espinhaço – Chapada Diamantina e sua Aplicação nas Bacias Mesocenoicas da Margem Passiva Brasileira*. Belo Horizonte: FUNDEP/PETROBRÁS, p. 170–195, 2012.

ROLLINSON, H.. *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. Longman Group UK Ltd., 1993.

ROONEY, T. O. Geochemical evidence of lithospheric thinning in the southern Main Ethiopian Rift. *Lithos*, v. 117, n. 1-4, p. 33–48, 2010.

ROSA, M. L. S.; CONCEIÇÃO, H.; MACAMBITA, M. J.; GALARZA, M. A.; CUNHA, M. P.; MENEZES, R. C. L.; MARINHO, M. M.; CRUZ-FILHO, B. E.; RIOS, D. C. Neoproterozoic anorogenic magmatism in the Southern Bahia Alkaline Province of NE Brazil: U–Pb and Pb–Pb ages of the blue sodalite syenites. *Lithos*, v. 97, p. 88–97, 2007.

SALGADO, S. S.; FERREIRA FILHO, C. F.; CAXITO, F. de A.; UHLEIN, A.; DANTAS, E. L.; STEVENSON, R. The Ni-Cu-PGE mineralized Brejo Seco mafic-ultramafic layered intrusion, Riacho do Pontal Orogen: Onset of Tonian (c. 900 Ma) continental rifting in Northeast Brazil. *J. South Am. Earth Sci.*, v. 70, p. 324–339, 2016.

SCHMELING, H. Dynamic models of continental rifting with melt generation. *Tectonophysics*, v. 480, n. 1-4, p. 33-47, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.09.005>. Acesso em: 11 maio 2025.

SERRANO, P.; PEDROSA-SOARES, A. C.; MEDEIROS-JÚNIOR, E.; FONTE-BOA, T.; ARAÚJO, C.; DUSSIN, I.; QUEIROGA, G.; LANA, C. A-type Medina batholith and post-collisional anatexis in the Araçuaí orogeny (SE Brazil). *Lithos*, v. 320-321, p. 515–536, 2018.

SILVA, L. C.; PEDROSA-SOARES, A. C.; TEIXEIRA, L. R. Tonian rift-related, A-type continental plutonism in the Araçuaí orogen, Eastern Brazil: new evidences for the breakup stage of the São Francisco-Congo Paleocontinent. *Gondwana Res.*, v. 13, p. 527–537, 2008.

SOUZA, M. E. S. Caracterização litoestrutural e geocronológica dos xistos verdes e metagabros do Grupo Macaúbas nas regiões de Terra Branca e Planalto de Minas, Minas Gerais. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 245 p., 2016.

SOUZA, M. E. S. Evolução Geodinâmica dos Estágios de Rifteamento do Grupo Macaúbas no Período Toniano, Meridiano 43°30'W, Região Centro-Norte de Minas

Gerais. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) — Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 190 f., 2019.

SOUZA, M. E.; MARTINS, M. S.; QUEIROGA, G. N.; LEITE, M.; OLIVEIRA, R. G.; DUSSIN, I.; PEDROSA-SOARES, A. C. Paleoenvironment, sediment provenance and tectonic setting of Tonian basal deposits of the Macaúbas basin system, Araçuaí orogen, southeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 96, 102393, 2019.

SOUZA, M. E.; MARTINS, M.; QUEIROGA, G.; PEDROSA-SOARES, A. C.; DUSSIN, I.; DE CASTRO, M. P.; SERRANO, P. Time and isotopic constraints for Early Tonian basaltic magmatism in a large igneous province of the São Francisco–Congo paleocontinent (Macaúbas basin, Southeast Brazil). *Precambrian Research*, 106621, 2022.

SUN, S. S.; McDONOUGH, W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: SAUNDERS, A. D.; NORR, M. J. (ed.). *Magmatism in the Ocean Basins*. London: Geological Society, Special Publications, 1989. p. 313–345.

TACK, L.; WINGATE, M. T. D.; LIÉGEOIS, J. P.; FERNANDEZ-ALONSO, M.; DEBLOND, A. Early Neoproterozoic magmatism (1000–910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): onset of Rodinian rifting at the western edge of the Congo craton. *Precamb. Res.*, v. 110, p. 277–306, 2001.

TACK, L.; FERNANDEZ-ALONSO, M.; BAUDET, D.; DE GRAVE, J.; NSEKAMBE, P.; PEDROSA-SOARES, A. C. Anorogenic plutonism in the West Congo Belt of the Democratic Republic of Congo further supports early Tonian continental rifting in the Congo–São Francisco palaeocontinent. *Journal of African Earth Sciences*, v. 215, 105273, 2024.

TEIXEIRA, W.; SABATÉ, P.; BARBOSA, J. S. F.; NOCE, C. M.; CARNEIRO, M. A. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ-FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Eds.). *Tectonic Evolution of South America*. 31st International Geological Congress, pp. 101–138, 2000.

TANNER DE OLIVEIRA, M. A. F. O enxame de diques máficos de Olivença: aspectos geoquímicos e petrogenéticos. 1989. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 160 p.

THIÉBLEMONT, D.; PRIAN, J. P.; GOUJOU, J. C.; BOULINGUI, B.; EKOOGHA, H.; KASSADOU, A. B.; SIMO, N. S.; WALEMBA, A.; PRÉAT, A.; THEUNISSEN, K.; COCHERIE, A.; GUERROT, C. Timing and characteristics of Neoproterozoic magmatism in SW-Gabon. First geochronological and geochemical data on the West-Congolian orogen in Gabon SYSMIN project, Gabon 2005–2009. *23th Colloquium African Geology (CAG23)*, Johannesburg (South Africa), January 2009, Abstract Book and Poster, 2009.

TROMPETTE, R. *Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma): Pan-African-Brasiliano aggregation of South America and Africa*. A. A. Balkema, Rotterdam, 1994.

UHLEIN, A. *Transição cráton-faixa dobrada: exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais (aspectos estratigráficos e estruturais)*. 1991. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 295 p.

UHLEIN, A.; TROMPETTE, R.; EGYDIO-SILVA, M. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.*, v. 11, p. 191-203, 1998.

VICAT, J. P.; POUCKET, A. Nature du magmatisme lié à une extension pré-Panafricaine: les dolérites des bassins de Comba et de Sembe-Ouessou (Congo). *Bull. Soc. Geol. Fr.*, v. 166, n. 4, p. 355–364, 1995.

VICTORIA, A. M. *O complexo anorogênico plutono-vulcânico Salto da Divisa (nordeste de Minas Gerais e sul da Bahia): implicações para a abertura do rifte toniano no paleocontinente São Francisco-Congo*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, 164 p., 2017.

VICTORIA, Anderson; PEDROSA-SOARES, Antônio; CRUZ, Simone Cerqueira Pereira; LANA, Cristiano; DANTAS, Elton; DUSSIN, Ivo; BORGES, Ramon. Magmatic diversity in continental rifts: A case study on the Early Tonian, plutono-volcanic Salto da Divisa Complex, Araçuaí Orogen, Eastern Brazil. *Lithos*, v. 434-435, 106920, 2022.

WILSON, M. *Igneous petrogenesis: A global tectonic approach*. London: Unwin Hyman, 1989. 466 p.

APÊNDICE A – Dados Químicos das Rochas

Tabela 1. Análises químicas das rochas da Formação Capelinha Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade	Formação Capelinha							
Amostras	CP-4.66	CM-93	CM-96-B	CP-01	CP-03-A	CP47-1	CP47-2	GQ-06
Autor	Castro <i>et al.</i> 2019	Castro <i>et al.</i> 2019	Castro <i>et al.</i> 2019	Castro <i>et al.</i> 2019	Castro <i>et al.</i> 2019	Castro <i>et al.</i> 2019	Castro <i>et al.</i> 2019	Castro <i>et al.</i> 2019
Elementos Maiores %								
SiO ₂	48.51	47.05	47.14	41.02	46.16	54.10	51.42	45.30
Al ₂ O ₃	14.83	15.28	15.91	17.13	13.50	14.23	13.47	14.57
Fe ₂ O ₃	10.71	12.57	12.11	14.34	15.99	13.33	14.39	15.71
FeO								
FeOt*	9.52	11.17	10.77	12.75	14.22	11.85	12.79	13.97
MnO	0.14	0.19	0.16	0.18	0.23	0.16	0.18	0.22
MgO	9.32	7.64	3.01	2.59	6.52	3.13	3.62	5.88
CaO	9.98	10.32	15.84	19.07	8.74	7.84	11.44	7.82
Na ₂ O	2.94	1.87	0.82	0.24	2.43	2.88	1.03	1.10
K ₂ O	0.10	0.48	0.13	0.05	0.14	0.17	0.11	0.38
TiO ₂	1.45	1.68	2.77	2.80	3.05	2.70	2.86	3.51
P ₂ O ₅	0.16	0.19	0.49	0.38	0.42	0.30	0.33	0.43
Cr ₂ O ₃	0.05	0.04	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
LOI	1.50	2.40	1.30	1.80	2.50	0.90	0.80	4.80
TOTAL	99.68	99.71	99.69	99.61	99.70	99.75	99.66	99.73
Elementos-traço ppm								
Mn	0.10	0.14	0.12	0.13	0.17	0.12	0.13	0.16
Mg	5.62	4.61	1.82	1.56	3.93	1.89	2.18	3.55
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr								
Ni	122.00	116.00	59.00	84.00	101.00	76.00	79.00	80.00
Co	41.90	47.80	22.50	35.30	52.10	50.60	40.10	81.70
V	274.00	310.00	382.00	382.00	352.00	216.00	380.00	391.00
Zr	89.40	104.10	184.40	167.30	184.40	173.20	153.10	219.80
Sc	37.00	40.00	26.00	26.00	29.00	25.00	26.00	32.00
Y	10.50	18.70	24.10	24.00	24.10	20.20	19.20	29.10
Rb	1.30	7.40	1.60	0.10	2.00	2.10	0.90	6.80
Sr	379.80	282.40	879.30	1617.70	408.60	1012.40	918.80	111.60

Nb	8.70	10.30	62.70	22.50	22.70	23.60	18.30	29.20
Lu	0.25	0.28	0.34	0.29	0.30	0.27	0.23	0.39
Ba	56.00	283.00	298.00	23.00	55.00	234.00	40.00	0.01
Ga								
Hf	0.50	0.60	1.80	1.40	1.80	1.50	1.20	1.40
Ta	2.70	2.50	4.60	4.20	4.70	4.70	4.40	3.40
Th	0.90	1.20	3.00	2.30	2.30	3.60	2.30	2.30
U								
Cu								
Pb								
Zn								
Elementos Terras Raras - ETR ppm								
La								
Ce								
Pr								
Nd								
Sm								
Eu								
Gd								
Tb								
Dy								
Ho								
Er								
Elementos maiores %								
Tm								
Yb								
Lu								
Total ETR								
LaN	16.20	20.68	40.90	39.20	45.99	46.60	38.73	66.05
CeN	12.72	17.43	38.81	33.19	36.18	40.06	30.39	53.55
PrN	10.71	14.57	29.88	26.89	30.79	30.47	25.28	47.13
NdN	10.08	12.16	24.80	22.48	24.96	26.16	20.64	39.44
PmN								
SmN	7.64	8.79	16.53	15.12	17.51	15.10	12.96	23.74
EuN	7.27	8.44	13.77	13.64	15.84	13.38	12.86	19.35
GdN	6.45	7.37	11.54	11.25	12.11	10.79	9.08	14.50
TbN	5.25	6.06	8.59	8.38	9.19	8.18	7.27	12.12

DyN	4.91	5.21	7.63	7.15	6.85	6.72	5.49	9.70
HoN	4.56	4.90	6.64	6.17	6.31	5.97	5.10	7.58
ErN	3.84	4.59	5.07	5.53	6.00	5.21	4.11	6.76
TmN	3.82	4.26	5.15	4.71	5.15	4.71	3.82	6.03
YbN	3.38	4.40	4.90	5.08	4.92	4.38	3.76	6.17
LuN	3.68	4.12	5.00	4.26	4.41	3.97	3.38	5.74
Eu/Eu*	1.04	1.05	1.00	1.05	1.09	1.05	1.19	1.04
LaN/YbN	4.80	4.70	8.35	7.72	9.35	10.65	10.29	10.71
LaN/SmN	2.12	2.35	2.47	2.59	2.63	3.09	2.99	2.78
CeN/YbN	3.76	3.96	7.92	6.54	7.35	9.15	8.07	8.68
CeN/SmN	1.67	1.98	2.35	2.19	2.07	2.65	2.35	2.26
EuN/YbN	2.15	1.92	2.81	2.68	3.22	3.06	3.42	3.14
LaN	16.20	20.68	40.90	39.20	45.99	46.60	38.73	66.05
CeN	12.72	17.43	38.81	33.19	36.18	40.06	30.39	53.55
PrN	10.71	14.57	29.88	26.89	30.79	30.47	25.28	47.13
NdN	10.08	12.16	24.80	22.48	24.96	26.16	20.64	39.44
PmN								
SmN	7.64	8.79	16.53	15.12	17.51	15.10	12.96	23.74
EuN	7.27	8.44	13.77	13.64	15.84	13.38	12.86	19.35
GdN	6.45	7.37	11.54	11.25	12.11	10.79	9.08	14.50
TbN	5.25	6.06	8.59	8.38	9.19	8.18	7.27	12.12
DyN	4.91	5.21	7.63	7.15	6.85	6.72	5.49	9.70
HoN	4.56	4.90	6.64	6.17	6.31	5.97	5.10	7.58
ErN	3.84	4.59	5.07	5.53	6.00	5.21	4.11	6.76
TmN	3.82	4.26	5.15	4.71	5.15	4.71	3.82	6.03
YbN	3.38	4.40	4.90	5.08	4.92	4.38	3.76	6.17
LuN	3.68	4.12	5.00	4.26	4.41	3.97	3.38	5.74
Eu/Eu*	1.04	1.05	1.00	1.05	1.09	1.05	1.19	1.04
LaN/YbN	4.80	4.70	8.35	7.72	9.35	10.65	10.29	10.71
LaN/SmN	2.12	2.35	2.47	2.59	2.63	3.09	2.99	2.78
CeN/YbN	3.76	3.96	7.92	6.54	7.35	9.15	8.07	8.68
CeN/SmN	1.67	1.98	2.35	2.19	2.07	2.65	2.35	2.26
EuN/YbN	2.15	1.92	2.81	2.68	3.22	3.06	3.42	3.14
GdN/YbN	1.91	1.68	2.36	2.21	2.46	2.46	2.41	2.35
SmN/YbN	2.26	2.00	3.37	2.98	3.56	3.45	3.45	3.85
La/Nb	1.21	1.30	0.42	1.13	1.31	1.28	1.37	1.47
La/Ba	0.19	0.05	0.09	1.10	0.54	0.13	0.63	4280.00

La/Ce	0.49	0.46	0.41	0.46	0.49	0.45	0.49	0.48
Ce/Sm	6.87	8.18	9.69	9.06	8.52	10.95	9.68	9.30

Tabela 2. Análises químicas das rochas da Suíte Pedro Lessa. Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade	Suíte Pedro Lessa				
Amostras	MS-07	PE-SM-08	PE-DTS-94	PE-PL-95A	PE-CJ-101
Autor	Souza et. al 2012	Dussin and Chemale 2012	Dussin and Chemale 2012	Dussin and Chemale 2012	Dussin and Chemale 2012
Elementos Maiores %					
SiO ₂	48.22	43.14	49.05	48.84	47.59
Al ₂ O ₃	14.97	17.74	15.73	16.10	15.08
Fe ₂ O ₃	9.94	14.98	9.55	10.46	10.97
FeO					
FeO ^t *	8.84	13.32	8.49	9.30	9.75
MnO	0.18	0.24	0.15	0.16	0.17
MgO	8.43	10.50	7.41	5.72	7.77
CaO	10.77	0.11	11.97	11.54	11.34
Na ₂ O	2.36	0.05	1.95	2.37	1.89
K ₂ O	0.30	3.11	0.43	0.41	0.43
TiO ₂	1.47	2.56	0.98	1.28	1.51
P ₂ O ₅	0.19	0.14	0.10	0.15	0.18
Cr ₂ O ₃	0.04				
LOI	3.00	6.76	2.25	2.05	3.11
TOTAL	99.84	99.32	99.56	99.07	100.00
Elementos-traço ppm					
Mn	0.13	0.18	0.11	0.12	0.13
Mg	5.08	6.33	4.47	3.45	4.69
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	281.00				
Ni	146.00	100.00	80.00	60.00	120.00
Co	47.00	70.00	60.00	51.00	60.00
V	260.00	428.00	223.00	256.00	284.00
Zr	91.10	195.00	88.00	79.00	111.00
Sc	39.00	45.00	35.00	32.00	39.00
Y	17.50	34.90	11.80	15.00	30.40
Rb	5.90	45.00	9.00	9.00	7.00
Sr	257.60	16.00	389.00	406.00	270.00

Nb	9.80	14.80	8.90	11.80	10.70
Lu	0.28	0.43	0.18	0.21	0.38
Ba	160.00	307.00	107.00	104.00	125.00
Ga	15.50	23.00	15.00	18.00	17.00
Hf	2.20	5.10	2.00	1.80	2.60
Ta	0.50	1.16	0.51	0.63	0.59
Th	1.00	2.75	1.03	1.35	1.31
U		0.90	0.31	0.34	0.35
Cu	46.40	50.00	90.00	120.00	150.00
Pb	0.50	36.00	10.00		9.00
Zn	34.00	370.00	80.00	80.00	100.00

Elementos Terras Raras - ETR ppm

La
Ce
Pr
Nd
Sm
Eu
Gd
Tb
Dy
Ho
Er

Elementos maiores %

Tm
Yb
Lu

Total ETR

LaN	17.59	34.10	16.20	21.76	25.93
CeN	14.69	28.54	13.85	18.27	18.21
PrN	12.68	27.60	11.14	14.65	17.20
NdN	10.96	22.32	9.04	12.00	14.56
PmN					
SmN	8.00	17.09	5.89	8.03	10.71
EuN	7.27	13.25	6.13	7.60	10.06
GdN	6.43	12.89	4.43	5.50	9.49
TbN	35.35	12.22	3.94	4.95	8.59

DyN	4.96	9.42	3.19	4.11	7.42
HoN	4.77	8.52	2.68	3.49	6.58
ErN	4.41	8.58	2.65	3.33	6.23
TmN	4.41	8.13	2.47	3.09	5.69
YbN	4.10	7.01	2.54	3.15	5.58
LuN	4.12	6.38	2.59	3.12	5.54
Eu/Eu*	1.01	0.89	1.20	1.14	1.00
LaN/YbN	4.29	4.87	6.38	6.90	4.65
LaN/SmN	2.20	2.00	2.75	2.71	2.42
CeN/YbN	3.58	4.07	5.45	5.80	3.26
CeN/SmN	1.83	1.67	2.35	2.28	1.70
EuN/YbN	1.77	1.89	2.41	2.41	1.80
LaN	17.59	34.10	16.20	21.76	25.93
CeN	14.69	28.54	13.85	18.27	18.21
PrN	12.68	27.60	11.14	14.65	17.20
NdN	10.96	22.32	9.04	12.00	14.56
PmN					
SmN	8.00	17.09	5.89	8.03	10.71
EuN	7.27	13.25	6.13	7.60	10.06
GdN	6.43	12.89	4.43	5.50	9.49
TbN	35.35	12.22	3.94	4.95	8.59
DyN	4.96	9.42	3.19	4.11	7.42
HoN	4.77	8.52	2.68	3.49	6.58
ErN	4.41	8.58	2.65	3.33	6.23
TmN	4.41	8.13	2.47	3.09	5.69
YbN	4.10	7.01	2.54	3.15	5.58
LuN	4.12	6.38	2.59	3.12	5.54
Eu/Eu*	1.01	0.89	1.20	1.14	1.00
LaN/YbN	4.29	4.87	6.38	6.90	4.65
LaN/SmN	2.20	2.00	2.75	2.71	2.42
CeN/YbN	3.58	4.07	5.45	5.80	3.26
CeN/SmN	1.83	1.67	2.35	2.28	1.70
EuN/YbN	1.77	1.89	2.41	2.41	1.80
GdN/YbN	1.57	1.84	1.74	1.75	1.70
SmN/YbN	1.95	2.44	2.32	2.55	1.92
La/Nb	1.16	1.49	1.18	1.19	1.57
La/Ba	0.07	0.07	0.10	0.14	0.13

La/Ce	0.46	0.46	0.45	0.46	0.55
Ce/Sm	7.57	6.89	9.71	9.39	7.01
Unidade			Suíte Pedro Lessa		
Amostras	PE-EX-102	BOQ30	Chaves-12	Chaves-12B	Chaves-13
Autor	Dussin and Chemale 2012	Dussin and Chemale 2012	Chaves <i>et al</i> 2014	Chaves <i>et al</i> 2014	Chaves <i>et al</i> 2018
Elementos Maiores %					
SiO ₂	47.43	45.94	46.29	46.95	47.11
Al ₂ O ₃	14.35	13.13	14.18	13.85	9.87
Fe ₂ O ₃	13.92	10.03			
FeO			12.84	13.56	15.86
FeO ^t *	12.37	8.92	12.84	13.56	15.86
MnO	0.26	0.15	0.21	0.21	0.24
MgO	5.89	6.49	6.75	6.21	12.33
CaO	9.30	9.47	9.34	9.14	10.02
Na ₂ O	1.86	1.37	2.52	2.60	1.77
K ₂ O	0.26	0.73	0.69	0.62	0.38
TiO ₂	2.37	2.33	2.87	2.85	1.53
P ₂ O ₅	0.30	0.90	0.56	0.53	0.31
Cr ₂ O ₃					
LOI	3.33	3.71	1.85	2.03	0.01
TOTAL	99.26	100.00	98.10	98.55	99.43
Elementos-traço ppm					
Mn	0.19	0.11	0.16	0.16	0.18
Mg	3.55	3.91	4.07	3.74	7.43
Fe	0.00	0.00	9.41	9.94	11.63
Cr					
Ni	80.00	104.30	143.00	102.00	270.00
Co	54.00	44.10			
V	355.00	415.00			
Zr	183.00	92.50	172.00	172.00	191.00
Sc	36.00				
Y	35.70	33.40	31.00	24.00	22.00
Rb	5.00	13.80	14.00	14.00	9.00
Sr	313.00	315.00	770.00	623.00	290.00
Nb	21.60	34.90	18.00	13.00	16.00
Lu	0.47				

Ba	108.00	114.40	350.00	381.00	172.00
Ga	21.00				
Hf	4.00				
Ta	1.14				
Th	2.26		2.20	1.70	1.90
U	0.57				
Cu	90.00	141.10			
Pb	8.00	24.70			
Zn	130.00	121.90			

Elementos Terras Raras - ETR ppm

La
Ce
Pr
Nd
Sm
Eu
Gd
Tb
Dy
Ho
Er

Elementos maiores %

Tm
Yb
Lu

Total ETR

LaN	39.04	50.46	53.86	31.94
CeN	32.00	41.85	35.64	21.31
PrN	26.61			
NdN	21.76	33.92	27.92	18.88
PmN				
SmN	15.39	21.92	17.98	13.30
EuN	12.40	23.96	18.18	13.96
GdN	11.67	15.77	11.84	10.37
TbN	10.51			
DyN	8.96	9.27	7.15	7.05
HoN	7.85			

ErN	7.44	7.01	5.39	5.30
TmN	6.84			
YbN	6.67	5.67	4.54	4.54
LuN	6.90			
Eu/Eu*	0.93	1.29	1.25	1.19
LaN/YbN	5.86	8.90	11.88	7.04
LaN/SmN	2.54	2.30	3.00	2.40
CeN/YbN	4.80	7.38	7.86	4.70
CeN/SmN	2.08	1.91	1.98	1.60
EuN/YbN	1.86	4.23	4.01	3.08
LaN	39.04	50.46	53.86	31.94
CeN	32.00	41.85	35.64	21.31
PrN	26.61			
NdN	21.76	33.92	27.92	18.88
PmN				
SmN	15.39	21.92	17.98	13.30
EuN	12.40	23.96	18.18	13.96
GdN	11.67	15.77	11.84	10.37
TbN	10.51			
DyN	8.96	9.27	7.15	7.05
HoN	7.85			
ErN	7.44	7.01	5.39	5.30
TmN	6.84			
YbN	6.67	5.67	4.54	4.54
LuN	6.90			
Eu/Eu*	0.93	1.29	1.25	1.19
LaN/YbN	5.86	8.90	11.88	7.04
LaN/SmN	2.54	2.30	3.00	2.40
CeN/YbN	4.80	7.38	7.86	4.70
CeN/SmN	2.08	1.91	1.98	1.60
EuN/YbN	1.86	4.23	4.01	3.08
GdN/YbN	1.75	2.78	2.61	2.28
SmN/YbN	2.31	3.87	3.96	2.93
La/Nb	1.17	1.82	2.68	1.29
La/Ba	0.23	0.09	0.09	0.12
La/Ce	0.47	0.47	0.58	0.58
Ce/Sm	8.58	7.88	8.18	6.61

Tabela 3. Análises químicas das rochas da Formação Planalto de Minas. Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade	Formação Planalto de Minas								
Amostras	MF-13A	MF-20	MJ-08	MS-04	MS-08	Chula-36A	Chula-36B	Chula-70A	Chula-117
Autor	Souza <i>et al</i> 2022	Souza <i>et al</i> 2022	Souza <i>et al</i> 2022	Souza <i>et al</i> 2022	Souza <i>et al</i> 2022	Chula 1996	Chula 1996	Chula 1996	Chula 1996
Elementos Maiores									
%									
SiO ₂	45.26	46.26	47.39	46.88	47.84	46.80	47.30	48.00	48.70
Al ₂ O ₃	15.29	14.95	14.10	13.52	14.63	13.50	13.50	14.00	13.10
Fe ₂ O ₃	13.33	12.15	11.57	16.23	12.04	2.34	3.07	2.64	4.52
FeO						8.89	8.04	9.32	7.36
FeOt*	11.85	10.80	10.29	14.43	10.70	10.97	10.77	11.67	11.38
MnO	0.21	0.18	0.20	0.27	0.17	0.17	0.17	0.18	0.17
MgO	7.28	7.26	7.35	5.32	7.43	8.91	8.53	8.42	7.55
CaO	9.84	11.91	12.09	7.02	10.14	11.70	11.50	8.72	9.32
Na ₂ O	2.53	1.93	2.63	2.80	3.06	2.73	2.67	3.47	3.96
K ₂ O	0.30	0.45	0.08	0.02	0.16	0.24	0.18	0.66	0.06
TiO ₂	1.96	1.71	1.76	3.76	1.74	1.51	1.49	1.02	1.16
P ₂ O ₅	0.24	0.22	0.20	0.66	0.21	0.07	0.07	0.10	0.09
Cr ₂ O ₃	0.02	0.03	0.04	0.01	0.03				
LOI	3.50	2.70	2.40	3.20	2.40	2.40	2.92	2.72	3.02
TOTAL	99.80	99.79	99.82	99.66	99.81	99.33	99.44	99.25	99.01
Elementos-traço ppm									
Mn	0.16	0.13	0.15	0.20	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Mg	4.39	4.38	4.43	3.21	4.48	5.37	5.14	5.08	4.55
Fe	11.85	10.80	10.29	14.43	10.70	6.52	5.89	6.83	5.39
Cr	130.00	184.00	246.00	41.00	185.00	202.00	192.00	116.00	161.00
Ni	72.00	101.00	115.00	43.00	106.00	102.00	101.00	80.00	86.00
Co	52.50	51.10	44.90	39.70	46.10	58.00	57.00	56.00	58.00
V	346.00	300.00	297.00	338.00	298.00	218.00	215.00	223.00	223.00
Zr	118.10	119.80	117.70	298.10	116.70	117.00	114.00	119.00	138.00
Sc	44.00	41.00	42.00	28.00	41.00				
Y	25.10	22.50	20.00	36.10	20.00	13.00	11.00	11.00	14.00
Rb	7.40	7.00	1.50	0.70	1.60	11.00	8.00	15.00	9.00
Sr	215.80	250.60	230.00	789.70	365.60	173.00	180.00	140.00	193.00

Nb	11.00	11.50	11.70	32.70	12.20	16.00	11.00	12.00	12.00
Lu	0.38	0.33	0.32	0.46	0.32	0.14	0.17	0.16	0.18
Ba	109.00	224.00	124.00	10.00	40.00	140.00	92.00	476.00	59.00
Ga	18.60	16.50	14.00	21.30	17.00				
Hf	2.90	2.90	2.90	7.00	2.60	<8	<8	<8	<8
Ta	0.60	0.60	0.70	2.00	0.60	<5	<5	<5	<5
Th	1.30	1.00	1.20	3.20	1.10	<5	<5	<5	<5
U				0.40		<10	<10	<10	<10
Cu	151.90	197.80	88.00	32.20	88.50	106.00	100.00	85.00	78.00
Pb	0.20	0.40	0.30	1.20	0.20	<20	<20	<20	<20
Zn	62.00	43.00	33.00	141.00	36.00	92.00	93.00	95.00	93.00
Elementos Terras Raras - ETR ppm									
La	15.00	16.80	14.60	36.50	14.10	11.50	12.30	15.40	20.80
Ce	34.20	37.30	32.50	87.00	33.20	25.00	23.20	29.50	41.40
Pr	4.27	4.65	4.09	11.00	4.13				
Nd	18.70	18.80	17.60	46.90	17.60	13.50	14.20	16.80	22.70
Sm	4.32	4.42	4.14	10.08	4.10	3.10	3.10	3.65	4.82
Eu	1.47	1.48	1.30	3.73	1.38	1.00	1.00	1.05	1.42
Gd	4.75	4.73	4.43	9.86	4.28	3.31	3.03	3.30	4.33
Tb	0.80	0.77	0.71	1.39	0.71				
Dy	4.61	4.44	3.97	7.27	4.16	3.00	2.91	3.15	4.04
Ho	0.94	0.86	0.84	1.38	0.80	0.57	0.58	0.64	0.81
Er	2.76	2.48	2.30	3.57	2.28	1.60	1.60	1.70	2.10
Elementos maiores									
%									
Tm	0.38	0.37	0.33	0.46	0.31				
Yb	2.53	2.24	2.06	3.12	2.19	1.32	1.28	1.18	1.49
Lu	0.38	0.33	0.32	0.46	0.32	0.14	0.17	0.16	0.18
Total ETR	95.11	99.67	89.19	222.72	89.56	64.04	63.37	76.53	104.09
LaN	23.15	25.93	22.53	56.33	21.76	17.75	18.98	23.77	32.10
CeN	20.42	22.27	19.40	51.94	19.82	14.93	13.85	17.61	24.72
PrN	16.81	18.31	16.10	43.31	16.26				
NdN	14.96	15.04	14.08	37.52	14.08	10.80	11.36	13.44	18.16
PmN									
SmN	10.64	10.89	10.20	24.83	10.10	7.64	7.64	8.99	11.87
EuN	9.55	9.61	8.44	24.22	8.96	6.49	6.49	6.82	9.22
GdN	8.73	8.69	8.14	18.12	7.87	6.08	5.57	6.07	7.96
TbN	8.08	7.78	7.17	14.04	7.17				

DyN	6.84	6.59	5.89	10.79	6.17	4.45	4.32	4.67	5.99
HoN	6.31	5.77	5.64	9.26	5.37	3.83	3.89	4.30	5.44
ErN	6.30	5.66	5.25	8.15	5.21	3.65	3.65	3.88	4.79
TmN	5.59	5.44	4.85	6.76	4.56	NA			
YbN	5.74	5.08	4.67	7.07	4.97	2.99	2.90	2.68	3.38
LuN	5.59	4.85	4.71	6.76	4.71	2.06	2.50	2.35	2.65
Eu/Eu*	0.99	0.99	0.93	1.14	1.01	0.95	1.00	0.92	0.95
LaN/YbN	4.03	5.10	4.82	7.96	4.38	5.93	6.54	8.88	9.50
LaN/SmN	2.18	2.38	2.21	2.27	2.15	2.32	2.49	2.64	2.70
CeN/YbN	3.56	4.38	4.15	7.34	3.99	4.99	4.77	6.58	7.32
CeN/SmN	1.92	2.05	1.90	2.09	1.96	1.95	1.81	1.96	2.08
EuN/YbN	1.66	1.89	1.81	3.42	1.80	2.17	2.24	2.55	2.73
LaN	23.15	25.93	22.53	56.33	21.76	17.75	18.98	23.77	32.10
CeN	20.42	22.27	19.40	51.94	19.82	14.93	13.85	17.61	24.72
PrN	16.81	18.31	16.10	43.31	16.26				
NdN	14.96	15.04	14.08	37.52	14.08	10.80	11.36	13.44	18.16
PmN									
SmN	10.64	10.89	10.20	24.83	10.10	7.64	7.64	8.99	11.87
EuN	9.55	9.61	8.44	24.22	8.96	6.49	6.49	6.82	9.22
GdN	8.73	8.69	8.14	18.12	7.87	6.08	5.57	6.07	7.96
TbN	8.08	7.78	7.17	14.04	7.17				
DyN	6.84	6.59	5.89	10.79	6.17	4.45	4.32	4.67	5.99
HoN	6.31	5.77	5.64	9.26	5.37	3.83	3.89	4.30	5.44
ErN	6.30	5.66	5.25	8.15	5.21	3.65	3.65	3.88	4.79
TmN	5.59	5.44	4.85	6.76	4.56	NA			
YbN	5.74	5.08	4.67	7.07	4.97	2.99	2.90	2.68	3.38
LuN	5.59	4.85	4.71	6.76	4.71	2.06	2.50	2.35	2.65
Eu/Eu*	0.99	0.99	0.93	1.14	1.01	0.95	1.00	0.92	0.95
LaN/YbN	4.03	5.10	4.82	7.96	4.38	5.93	6.54	8.88	9.50
LaN/SmN	2.18	2.38	2.21	2.27	2.15	2.32	2.49	2.64	2.70
CeN/YbN	3.56	4.38	4.15	7.34	3.99	4.99	4.77	6.58	7.32
CeN/SmN	1.92	2.05	1.90	2.09	1.96	1.95	1.81	1.96	2.08
EuN/YbN	1.66	1.89	1.81	3.42	1.80	2.17	2.24	2.55	2.73
GdN/YbN	1.52	1.71	1.74	2.56	1.58	2.03	1.92	2.26	2.36
SmN/YbN	1.85	2.14	2.18	3.51	2.03	2.56	2.63	3.35	3.51
La/Nb	1.36	1.46	1.25	1.12	1.16	0.72	1.12	1.28	1.73
La/Ba	0.14	0.08	0.12	3.65	0.35	0.08	0.13	0.03	0.35

La/Ce	0.44	0.45	0.45	0.42	0.42	0.46	0.53	0.52	0.50
Ce/Sm	7.92	8.44	7.85	8.63	8.10	8.06	7.48	8.08	8.59
Unidade	Formação Planalto de Minas								
Amostras	Chula-186	Chula-2	Chula-21	Chula-57	Chula-12D	Chula-20D	Chula-8C	Chula-20A	Chula-73E
Autor	Chula 1996	Chula 1996	Chula 1996	Chula 1996	Chula 1996	Chula 1996	Chula 1996	Chula 1996	Chula 1996
Elementos Maiores									
%									
SiO ₂	48.70	47.60	49.40	45.90	45.60	47.30	47.50	48.20	47.90
Al ₂ O ₃	13.60	13.90	13.30	13.50	13.70	14.00	13.80	15.40	13.30
Fe ₂ O ₃	5.44	3.79	3.97	2.84	3.33	3.07	3.68	3.59	3.11
FeO	6.17	8.29	6.69	9.50	9.78	8.67	8.12	6.85	8.54
FeOt*	11.01	11.66	10.22	12.02	12.74	11.40	11.39	10.04	11.30
MnO	0.17	0.18	0.17	0.19	0.19	0.17	0.17	0.15	0.19
MgO	6.11	9.05	9.21	9.15	7.31	7.77	7.95	5.99	8.82
CaO	9.77	9.95	8.60	9.21	10.90	9.54	10.50	10.10	9.11
Na ₂ O	3.79	4.08	4.11	2.81	3.20	3.82	3.74	4.23	3.59
K ₂ O	0.33	0.12	0.12	0.69	0.15	0.18	0.18	0.12	0.12
TiO ₂	1.14	1.34	1.44	1.53	1.84	1.65	1.44	1.57	1.50
P ₂ O ₅	0.14	0.09	0.07	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10
Cr ₂ O ₃									
LOI	3.02	2.94	3.33	2.97	2.30	3.28	2.90	2.68	2.85
TOTAL	98.38	101.33	100.41	98.39	98.40	99.54	100.08	98.97	99.13
Elementos-traço									
ppm									
Mn	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13	0.11	0.14
Mg	3.68	5.46	5.55	5.52	4.41	4.69	4.79	3.61	5.32
Fe	4.52	6.08	4.90	6.96	7.17	6.36	5.95	5.02	6.26
Cr	101.00	166.00	200.00	161.00	72.00	130.00	120.00	130.00	123.00
Ni	63.00	90.00	109.00	89.00	68.00	72.00	86.00	74.00	86.00
Co	52.00	63.00	59.00	64.00	62.00	57.00	58.00	51.00	62.00
V	222.00	225.00	213.00	223.00	247.00	238.00	228.00	228.00	218.00
Zr	137.00	132.00	103.00	124.00	125.00	137.00	110.00	130.00	134.00
Sc									
Y	16.00	17.00	10.00	11.00	18.00	18.00	11.00	16.00	11.00
Rb	13.00	7.00	8.00	17.00	8.00	11.00	10.00	7.00	9.00
Sr	249.00	122.00	141.00	114.00	245.00	234.00	200.00	219.00	135.00

Nb	13.00	13.00	11.00	14.00	14.00	13.00	7.00	14.00	11.00
Lu	0.15	0.12	0.12	0.20	0.18	0.15	0.15	0.18	0.16
Ba	156.00	32.00	32.00	274.00	39.00	18.00	77.00	12.00	44.00
Ga									
Hf	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Ta	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Th	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
U	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cu	96.00	73.00	67.00	81.00	102.00	50.00	114.00	92.00	101.00
Pb	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Zn	90.00	101.00	91.00	96.00	94.00	90.00	90.00	81.00	95.00
Elementos Terras Raras - ETR ppm									
La	15.40	16.00	10.80	13.20	13.70	14.50	15.90	15.00	13.20
Ce	30.30	32.40	20.60	25.40	29.80	32.60	32.10	32.80	23.70
Pr									
Nd	17.00	17.30	11.20	14.00	15.90	17.30	17.60	17.30	14.20
Sm	3.71	3.82	2.58	3.05	3.70	3.98	3.91	3.90	3.08
Eu	1.17	1.13	1.00	0.94	1.30	1.26	1.13	1.29	0.94
Gd	3.50	3.88	2.77	2.84	4.08	4.15	4.19	4.00	2.80
Tb									
Dy	3.26	3.32	2.51	2.77	3.70	3.76	3.57	3.59	2.71
Ho	0.65	0.62	0.48	0.55	0.72	0.73	0.68	0.68	0.58
Er	1.70	1.70	1.35	1.51	2.08	2.01	1.92	1.92	1.55
Elementos maiores									
%									
Tm				1.17	1.70	1.54	1.42	1.60	1.15
Yb	1.22	1.26	1.12	0.20	0.18	0.15	0.15	0.18	0.16
Lu	0.15	0.12	0.12	65.63	76.86	81.98	82.57	82.26	64.07
Total ETR	78.06	81.55	54.53	20.37	21.14	22.38	24.54	23.15	20.37
LaN	23.77	24.69	16.67	15.16	17.79	19.46	19.16	19.58	14.15
CeN	18.09	19.34	12.30						
PrN				11.20	12.72	13.84	14.08	13.84	11.36
NdN	13.60	13.84	8.96						
PmN				7.51	9.11	9.80	9.63	9.61	7.59
SmN	9.14	9.41	6.35	6.10	8.44	8.18	7.34	8.38	6.10
EuN	7.60	7.34	6.49	5.22	7.50	7.63	7.70	7.35	5.15
GdN	6.43	7.13	5.09						
TbN				4.11	5.49	5.58	5.30	5.33	4.02

DyN	4.84	4.93	3.72	3.69	4.83	4.90	4.56	4.56	3.89
HoN	4.36	4.16	3.22	3.45	4.75	4.59	4.38	4.38	3.54
ErN	3.88	3.88	3.08						
TmN				2.65	3.85	3.49	3.22	3.63	2.61
YbN	2.77	2.86	2.54	2.94	2.65	2.21	2.21	2.65	2.35
LuN	2.21	1.76	1.76	0.97	1.02	0.95	0.85	1.00	0.98
Eu/Eu*	0.99	0.90	1.14	7.68	5.48	6.41	7.62	6.38	7.81
LaN/YbN	8.59	8.64	6.56	2.71	2.32	2.28	2.55	2.41	2.69
LaN/SmN	2.60	2.62	2.62	5.72	4.62	5.57	5.95	5.40	5.43
CeN/YbN	6.54	6.77	4.84	2.02	1.95	1.99	1.99	2.04	1.87
CeN/SmN	1.98	2.06	1.94	2.30	2.19	2.34	2.28	2.31	2.34
EuN/YbN	2.75	2.57	2.56	20.37	21.14	22.38	24.54	23.15	20.37
LaN	23.77	24.69	16.67	15.16	17.79	19.46	19.16	19.58	14.15
CeN	18.09	19.34	12.30						
PrN				11.20	12.72	13.84	14.08	13.84	11.36
NdN	13.60	13.84	8.96						
PmN				7.51	9.11	9.80	9.63	9.61	7.59
SmN	9.14	9.41	6.35	6.10	8.44	8.18	7.34	8.38	6.10
EuN	7.60	7.34	6.49	5.22	7.50	7.63	7.70	7.35	5.15
GdN	6.43	7.13	5.09						
TbN				4.11	5.49	5.58	5.30	5.33	4.02
DyN	4.84	4.93	3.72	3.69	4.83	4.90	4.56	4.56	3.89
HoN	4.36	4.16	3.22	3.45	4.75	4.59	4.38	4.38	3.54
ErN	3.88	3.88	3.08						
TmN				2.65	3.85	3.49	3.22	3.63	2.61
YbN	2.77	2.86	2.54	2.94	2.65	2.21	2.21	2.65	2.35
LuN	2.21	1.76	1.76	0.97	1.02	0.95	0.85	1.00	0.98
Eu/Eu*	0.99	0.90	1.14	7.68	5.48	6.41	7.62	6.38	7.81
LaN/YbN	8.59	8.64	6.56	2.71	2.32	2.28	2.55	2.41	2.69
LaN/SmN	2.60	2.62	2.62	5.72	4.62	5.57	5.95	5.40	5.43
CeN/YbN	6.54	6.77	4.84	2.02	1.95	1.99	1.99	2.04	1.87
CeN/SmN	1.98	2.06	1.94	2.30	2.19	2.34	2.28	2.31	2.34
EuN/YbN	2.75	2.57	2.56	1.97	1.95	2.19	2.39	2.02	1.97
GdN/YbN	2.32	2.49	2.00	2.83	2.37	2.81	2.99	2.65	2.91
SmN/YbN	3.30	3.29	2.50	0.94	0.98	1.12	2.27	1.07	1.20
La/Nb	1.18	1.23	0.98	0.05	0.35	0.81	0.21	1.25	0.30
La/Ba	0.10	0.50	0.34	0.52	0.46	0.44	0.50	0.46	0.56

La/Ce	0.51	0.49	0.52	8.33	8.05	8.19	8.21	8.41	7.69
Ce/Sm	8.17	8.48	7.98						
Unidade	Formação Planalto de Minas								
Amostras	Chula-8B	Chula-58A	Chula-73F	XVM-01	XVM-02	XVM-03	XVM-04	XVM-06	XVM-07
Autor	Chula 1996	Chula 1996	Chula 1996	Uhlein 1991	Uhlein 1991	Uhlein 1991	Uhlein 1991	Uhlein 1991	Uhlein 1991
Elementos Maiores									
%									
SiO ₂	46.60	46.20	47.40	46.30	47.00	47.20	46.80	48.30	45.50
Al ₂ O ₃	13.80	13.60	14.20	15.60	15.20	14.90	15.20	14.40	15.40
Fe ₂ O ₃	3.70	4.25	3.00	7.10	3.50	4.10	5.20	6.30	4.50
FeO	8.37	8.95	8.75	5.20	9.40	8.60	6.60	6.00	8.20
FeOt*	11.66	12.73	11.42	11.51	12.51	12.24	11.22	11.60	12.20
MnO	0.18	0.19	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.16	0.20
MgO	8.16	7.63	7.69	6.10	7.30	7.00	8.20	6.50	8.70
CaO	10.40	11.00	9.52	13.40	8.90	9.70	10.80	11.30	9.40
Na ₂ O	3.74	2.90	3.23	2.40	3.40	3.10	2.90	3.10	2.80
K ₂ O	0.36	0.09	0.24	0.09	0.07	0.08	0.08	0.13	0.06
TiO ₂	1.65	1.66	1.14	1.40	2.00	2.00	1.50	1.80	1.70
P ₂ O ₅	0.09	0.09	0.10	0.21	0.28	0.27	0.20	0.19	0.21
Cr ₂ O ₃									
LOI	3.07	2.40	2.75						
TOTAL	100.12	98.96	98.20	99.95	100.09	95.96	99.99	100.06	100.04
Elementos-traço									
ppm									
Mn	0.13	0.14	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.12	0.15
Mg	4.92	4.60	4.64	3.68	4.40	4.22	4.94	3.92	5.25
Fe	6.14	6.56	6.41	3.81	6.89	6.30	4.84	4.40	6.01
Cr	115.00	74.00	118.00	280.00	330.00	320.00	540.00	370.00	510.00
Ni	86.00	67.00	79.00	160.00	210.00	190.00	270.00	220.00	240.00
Co	61.00	62.00	56.00						
V	228.00	255.00	225.00						
Zr	143.00	119.00	128.00	140.00	210.00	200.00	130.00	160.00	120.00
Sc									
Y	14.00	18.00	16.00	35.00	38.00	35.00	34.00	35.00	32.00
Rb	13.00	7.00	12.00						
Sr	227.00	213.00	163.00	190.00	190.00	240.00	160.00	190.00	150.00

Nb	17.00	14.00	13.00
Lu	0.13	0.20	0.16
Ba	158.00	16.00	160.00
Ga			
Hf	<8	<8	<8
Ta	<5	<5	<5
Th	<5	<5	<5
U	<10	<10	<10
Cu	116.00	100.00	108.00
Pb	<20	<20	<20
Zn	97.00	99.00	87.00
Elementos Terras Raras - ETR ppm			
La	14.10	14.90	16.10
Ce	28.90	29.20	31.10
Pr			
Nd	15.40	17.00	17.70
Sm	3.45	3.81	3.85
Eu	1.16	1.32	1.26
Gd	3.58	3.62	3.58
Tb			
Dy	3.15	3.70	3.41
Ho	0.59	0.75	0.68
Er	1.68	2.10	1.82
Elementos maiores			
%			
Tm	1.31	1.65	1.31
Yb	0.13	0.20	0.16
Lu	73.45	78.25	80.97
Total ETR	21.76	22.99	24.85
LaN	17.25	17.43	18.57
CeN			
PrN	12.32	13.60	14.16
NdN			
PmN	8.50	9.38	9.48
SmN	7.53	8.57	8.18
EuN	6.58	6.65	6.58
GdN			
TbN	4.67	5.49	5.06

DyN	3.96	5.03	4.56
HoN	3.84	4.79	4.16
ErN			
TmN	2.97	3.74	2.97
YbN	1.91	2.94	2.35
LuN	1.01	1.08	1.04
Eu/Eu*	7.33	6.15	8.36
LaN/YbN	2.56	2.45	2.62
LaN/SmN	5.81	4.66	6.25
CeN/YbN	2.03	1.86	1.96
CeN/SmN	2.54	2.29	2.75
EuN/YbN	21.76	22.99	24.85
LaN	17.25	17.43	18.57
CeN			
PrN	12.32	13.60	14.16
NdN			
PmN	8.50	9.38	9.48
SmN	7.53	8.57	8.18
EuN	6.58	6.65	6.58
GdN			
TbN	4.67	5.49	5.06
DyN	3.96	5.03	4.56
HoN	3.84	4.79	4.16
ErN			
TmN	2.97	3.74	2.97
YbN	1.91	2.94	2.35
LuN	1.01	1.08	1.04
Eu/Eu*	7.33	6.15	8.36
LaN/YbN	2.56	2.45	2.62
LaN/SmN	5.81	4.66	6.25
CeN/YbN	2.03	1.86	1.96
CeN/SmN	2.54	2.29	2.75
EuN/YbN	2.22	1.78	2.22
GdN/YbN	2.86	2.51	3.19
SmN/YbN	0.83	1.06	1.24
La/Nb	0.09	0.93	0.10
La/Ba	0.49	0.51	0.52

La/Ce	8.38	7.66	8.08
Ce/Sm			

Unidade Amostras Autor	Formação Planalto de Minas						
	XVM-08 Uhlein 1991	XVM-09 Uhlein 1991	XVM-10 Uhlein 1991	XVM-11 Uhlein 1991	R14XV Gradim <i>et al.</i> (2005)	XVM-11 Uhlein 1991	R14XV Gradim <i>et al.</i> (2005)
Elementos Maiores							
%							
SiO ₂	46.80	47.00	46.40	49.70	46.35	49.70	46.35
Al ₂ O ₃	14.20	14.30	14.40	14.50	14.65	14.50	14.65
Fe ₂ O ₃	6.90	5.40	5.90	4.20	3.09	4.20	3.09
FeO	6.90	8.20	7.90	6.70	8.13	6.70	8.13
FeOt*	13.03	13.00	13.15	10.43	10.88	10.43	10.88
MnO	0.19	0.21	0.21	0.18	0.18	0.18	0.18
MgO	7.50	6.60	6.70	7.60	7.40	7.60	7.40
CaO	10.20	11.10	11.70	9.60	11.33	9.60	11.33
Na ₂ O	2.30	2.50	1.90	3.50	1.69	3.50	1.69
K ₂ O	0.05	0.07	0.06	0.11	0.33	0.11	0.33
TiO ₂	1.80	1.80	1.80	1.50	1.76	1.50	1.76
P ₂ O ₅	0.27	0.22	0.22	0.18	0.21	0.18	0.21
Cr ₂ O ₃							
LOI					2.83		2.83
TOTAL	99.93	99.90	99.99	100.06	97.93	100.06	97.93
Elementos-traço							
ppm							
Mn	0.14	0.16	0.16	0.13	0.13	0.13	0.13
Mg	4.52	3.98	4.04	4.58	4.46	4.58	4.46
Fe	5.06	6.01	5.79	4.91	5.96	4.91	5.96
Cr	310.00	190.00	210.00	450.00		450.00	
Ni	210.00	190.00	200.00	250.00	92.11	250.00	92.11
Co					62.98		62.98
V					289.29		289.29
Zr	200.00	160.00	170.00	150.00	123.11	150.00	123.11
Sc					40.00		40.00
Y	42.00	37.00	41.00	30.00	27.06	30.00	27.06
Rb					6.95		6.95

Sr	250.00	190.00	220.00	120.00	212.18	120.00	212.18
Nb					13.82		13.82
Lu					0.32		0.32
Ba					214.78		214.78
Ga					19.05		19.05
Hf					3.27		3.27
Ta					0.84		0.84
Th					1.28		1.28
U					0.35		0.35
Cu					203.81		203.81
Pb							
Zn					85.07		85.07
Elementos Terras Raras - ETR ppm							
La					17.09		17.09
Ce					37.24		37.24
Pr					4.41		4.41
Nd					19.66		19.66
Sm					4.65		4.65
Eu					1.62		1.62
Gd					4.93		4.93
Tb					0.83		0.83
Dy					4.66		4.66
Ho					0.91		0.91
Er					2.62		2.62
Elementos maiores							
%							
Tm					0.37		0.37
Yb					2.18		2.18
Lu					0.32		0.32
Total ETR					101.49		101.49
LaN					26.37		26.37
CeN					22.23		22.23
PrN					17.36		17.36
NdN					15.73		15.73
PmN							
SmN					11.45		11.45
EuN					10.52		10.52
GdN					9.06		9.06

TbN	8.38	8.38
DyN	6.91	6.91
HoN	6.11	6.11
ErN	5.98	5.98
TmN	5.44	5.44
YbN	4.94	4.94
LuN	4.71	4.71
Eu/Eu*	1.03	1.03
LaN/YbN	5.34	5.34
LaN/SmN	2.30	2.30
CeN/YbN	4.50	4.50
CeN/SmN	1.94	1.94
EuN/YbN	2.13	2.13
LaN	26.37	26.37
CeN	22.23	22.23
PrN	17.36	17.36
NdN	15.73	15.73
PmN		
SmN	11.45	11.45
EuN	10.52	10.52
GdN	9.06	9.06
TbN	8.38	8.38
DyN	6.91	6.91
HoN	6.11	6.11
ErN	5.98	5.98
TmN	5.44	5.44
YbN	4.94	4.94
LuN	4.71	4.71
Eu/Eu*	1.03	1.03
LaN/YbN	5.34	5.34
LaN/SmN	2.30	2.30
CeN/YbN	4.50	4.50
CeN/SmN	1.94	1.94
EuN/YbN	2.13	2.13
GdN/YbN	1.83	1.83
SmN/YbN	2.32	2.32
La/Nb	1.24	1.24

La/Ba	0.08	0.08
La/Ce	0.46	0.46
Ce/Sm	8.01	8.01

Tabela 4. Análises químicas das rochas dos diques máficos Formiga. Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade Amostras Autor	Diques Máficos Formiga						
	Chaves-308	Chaves-343	Caxito-IPO-1	Caxito-JUA-1	Caxito-F6	Caxito-F5	Caxito-F8
	Chaves <i>et al</i> 2014	Chaves <i>et al</i> 2014	Caxito <i>et al</i> 2020a	Caxito <i>et al</i> 2020a	Caxito <i>et al</i> 2020a	Caxito <i>et al</i> 2020a	Caxito <i>et al</i> 2020a
Elementos Maiores %							
SiO ₂	49.99	50.74	51.07	52.37	55.83	55.36	50.17
Al ₂ O ₃	13.17	13.77	14.55	15.67	16.30	15.35	14.00
Fe ₂ O ₃			10.34	9.93	9.19	12.18	15.71
FeO	14.41	14.60	9.30	8.94	8.27	10.96	14.14
FeO*	14.41	14.60	9.30	8.94	8.27	10.96	14.14
MnO	0.21	0.19	0.17	0.16	0.19	0.19	0.24
MgO	5.77	5.53	7.42	7.74	2.06	2.44	5.77
CaO	8.23	8.17	11.72	11.55	4.20	4.93	8.19
Na ₂ O	2.94	3.39	1.31	1.84	5.09	4.88	2.16
K ₂ O	0.88	0.56	0.94	0.34	2.14	2.05	1.98
TiO ₂	3.11	2.64	1.72	1.15	1.28	1.98	2.32
P ₂ O ₅	0.79	0.61	0.22	0.10	0.50	0.55	0.22
Cr ₂ O ₃			0.03	0.04			0.02
LOI	0.70	0.46	2.04	1.83	2.32	1.68	1.35
TOTAL	100.20	100.66					
Elementos-traço ppm							
	28.59	27.47	44.37	46.42	19.94	18.21	28.99
Mn	0.16	0.14					
Mg	3.48	3.33					
Fe	10.56	10.70					
Cr							

Ni	65.00	67.00	101.00	87.00	9.00	11.00	80.00
Co							
V			267.00	199.00			453.00
Zr	295.00	330.00	115.00	61.00	529.00	614.00	162.00
Sc			53.10	42.40			48.30
Y	18.00	26.00	22.28	12.34	24.00	35.97	29.39
Rb	27.00	39.00	20.70	7.20	30.20	48.70	123.90
Sr	547.00	514.00	226.00	396.00	187.00	537.00	246.00
Nb	34.00	39.00	9.91	8.47	18.88	31.76	9.10
Lu			0.31	0.19	0.29	0.08	0.50
Ba	584.00	343.00	379.00	121.00	660.00	913.00	548.00
Ga							
Hf			3.33	1.80	5.68	10.67	3.92
Ta			0.64	0.49	1.27	2.22	0.57
Th			1.60	1.20	3.40	6.90	3.10
U			0.44	0.30	0.96	1.91	0.74
Cu			59.00	58.00			196.00
Pb			2.10	0.60			3.90
Zn			85.00	75.00			110.00
Elementos Terras Raras - ETR ppm							
La	30.20	35.00	15.30	12.50	76.90	42.90	16.30
Ce	67.80	79.00	29.40	22.40	147.60	86.50	37.50
Pr			3.91	2.93	17.38	10.66	4.74
Nd	44.90	44.00	18.00	12.80	70.50	42.90	20.20
Sm	8.54	8.25	4.20	2.80	13.00	8.10	4.80
Eu	2.89	2.78	1.37	1.00	3.97	2.35	1.29
Gd	7.84	7.66	4.40	2.71	10.18	6.56	5.85
Tb			0.70	0.41	1.25	0.87	0.91
Dy	5.53	5.33	4.41	2.52	7.75	4.81	5.58
Ho			0.88	0.50	1.35	0.79	1.14

Er	2.69	2.78	2.48	1.39	3.82	2.56	3.32
Elementos maiores %							
Tm			0.33	0.19	0.48	0.25	0.52
Yb	2.05	2.15	2.20	1.20	3.50	1.90	3.10
ETR Total	172.44	186.95	87.89	63.54	357.97	211.23	105.75
LaN	46.60	54.01	23.61	19.29	118.67	66.20	25.15
CeN	40.48	47.16	17.55	13.37	88.12	51.64	22.39
PrN			15.39	11.54	68.43	41.97	18.66
NdN	35.92	35.20	14.40	10.24	56.40	34.32	16.16
PmN							
SmN	21.03	20.32	10.34	6.90	32.02	19.95	11.82
EuN	18.77	18.05	8.90	6.49	25.78	15.26	8.38
GdN	14.41	14.08	8.09	4.98	18.71	12.06	10.75
TbN			7.07	4.14	12.63	8.79	9.19
DyN	8.20	7.91	6.54	3.74	11.50	7.14	8.28
HoN			5.91	3.36	9.06	5.30	7.65
ErN	6.14	6.35	5.66	3.17	8.72	5.84	7.58
TmN			4.85	2.79	7.06	3.68	7.65
YbN	4.65	4.88	4.99	2.72	7.94	4.31	7.03
LuN			4.56	2.79	4.26	1.18	7.35
Eu/Eu*	1.08	1.07	0.97	1.11	1.05	0.98	0.74
LaN/YbN	10.03	11.08	4.73	7.09	14.95	15.37	3.58
LaN/SmN	2.22	2.66	2.28	2.80	3.71	3.32	2.13
CeN/YbN	8.71	9.67	3.52	4.91	11.10	11.99	3.18
CeN/SmN	1.92	2.32	1.70	1.94	2.75	2.59	1.89
EuN/YbN	4.04	3.70	1.78	2.39	3.25	3.54	1.19
GdN/YbN	3.10	2.89					
SmN/YbN	4.52	4.16					
La/Nb	0.89	0.90	1.54	1.48	4.07	1.35	1.79
La/Ba	0.05	0.10	0.04	0.10	0.12	0.05	0.03

La/Ce	0.45	0.44	0.52	0.56	0.52	0.50	0.43
Ce/Sm	7.94	9.58	7.00	8.00	11.35	10.68	7.81
Mg#	88.97	90.04	78.40	81.56	91.36	92.44	81.12

Tabela 5. Análises químicas das rochas dos diques máficos da Bahia. Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade Amostras	Diques Máficos da Bahia			
	B-SG25A	TO-6072	TO-6152	TO-6168
Autor	Barbosa <i>et al</i> 2005	Tanner de Oliveira 1989	Tanner de Oliveira 1989	Tanner de Oliveira 1989
Elementos Maiores %				
SiO ₂	46.40	47.33	47.37	46.73
Al ₂ O ₃	11.90	13.54	13.95	13.11
Fe ₂ O ₃				
FeO	17.10	13.78	15.33	15.67
FeOt*	17.10	13.78	15.33	15.67
MnO	0.27	0.23	0.25	0.25
MgO	4.80	6.03	4.14	4.81
CaO	8.90	9.85	9.16	9.67
Na ₂ O	2.50	2.59	2.90	2.46
K ₂ O	0.60	0.47	0.81	0.82
TiO ₂	2.90	3.00	3.34	2.61
P ₂ O ₅	0.34	0.39	0.51	0.32
Cr ₂ O ₃				
LOI	2.88	1.80	0.78	2.22
TOTAL	98.59	99.01	98.54	98.67
Elementos-traço ppm				
	21.92	30.44	21.26	23.49
Mn	0.20	0.17	0.19	0.19
Mg	2.89	3.64	2.50	2.90
Fe	12.53	10.10	11.24	11.49

Cr				
Ni	n.a.	91.00	46.00	73.00
Co				
V				
Zr	150.00	188.00	254.00	211.00
Sc				
Y	34.00	47.00	52.00	45.00
Rb	5.00	19.00	22.00	17.00
Sr	192.00	242.00	237.00	351.00
Nb	14.00	14.00	20.00	15.00
Lu				
Ba	408.00	250.00	323.00	554.00
Ga				
Hf				
Ta				
Th	7.00			
U				
Cu				
Pb				
Zn				
Elementos Terras Raras - ETR ppm				
La	17.48	21.70	18.40	17.60
Ce	36.89	44.30	40.20	37.60
Pr				
Nd	22.92	31.70	28.40	25.00
Sm	5.75	8.30	7.30	6.20
Eu	1.90	2.50	2.30	2.00
Gd	5.85	9.10	7.80	6.80
Tb				
Dy	5.00	8.80	7.70	6.90

Ho				
Er	2.27	5.00	4.30	3.90
Elementos maiores %				
Tm				
Yb	1.64	4.20	3.70	3.50
ETR Total	99.70	135.60	120.10	109.50
LaN	26.98	33.49	28.40	27.16
CeN	22.02	26.45	24.00	22.45
PrN				
NdN	18.34	25.36	22.72	20.00
PmN				
SmN	14.16	20.44	17.98	15.27
EuN	12.34	16.23	14.94	12.99
GdN	10.75	16.73	14.34	12.50
TbN				
DyN	7.42	13.06	11.42	10.24
HoN				
ErN	5.18	11.42	9.82	8.90
TmN				
YbN	3.72	9.52	8.39	7.94
LuN				
Eu/Eu*	1.00	0.88	0.93	0.94
LaN/YbN	7.25	3.52	3.38	3.42
LaN/SmN	1.90	1.64	1.58	1.78
CeN/YbN	5.92	2.78	2.86	2.83
CeN/SmN	1.56	1.29	1.33	1.47
EuN/YbN	3.32	1.70	1.78	1.64
GdN/YbN	2.89	1.76	1.71	1.57
SmN/YbN	3.81	2.15	2.14	1.92
La/Nb	1.25	1.55	0.92	1.17

La/Ba	0.04	0.09	0.06	0.03
La/Ce	0.47	0.49	0.46	0.47
Ce/Sm	6.42	5.34	5.51	6.06
Mg#	85.55	75.96	75.46	75.07

Tabela 6. Análises químicas das rochas dos gabros Sítio Novo. Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade	Gabros Sítio Novo						
Amostras	AS055	AS058	AS060	HGN1-GQ1	HGN1-GQ3	HGN1-GQ4	HGN1-GQ5
Autor	Moreira <i>et al.</i> 2020	Moreira <i>et al.</i> 2020	Moreira <i>et al.</i> 2020	Moreira <i>et al.</i> 2020	Moreira <i>et al.</i> 2020	Moreira <i>et al.</i> 2020	Moreira <i>et al.</i> 2020
Elementos Maiores %							
SiO ₂	47.79	47.56	47.86	47.20	46.80	47.00	47.10
Al ₂ O ₃	15.17	15.23	14.89	15.10	14.20	14.90	15.00
Fe ₂ O ₃	11.47	11.11	11.35	11.00	11.50	11.80	11.20
FeO	10.32	10.00	10.21	9.90	10.35	10.62	10.08
FeOt*	10.32	10.00	10.21	9.90	10.35	10.62	10.08
MnO	0.17	0.18	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18
MgO	7.51	7.84	7.62	8.73	9.28	8.19	8.25
CaO	11.94	11.94	11.92	12.40	12.00	12.00	12.00
Na ₂ O	1.83	1.76	1.80	1.31	1.21	1.88	1.75
K ₂ O	0.40	0.47	0.47	0.50	0.40	0.29	0.36
TiO ₂	1.58	1.48	1.56	1.46	1.41	1.57	1.51
P ₂ O ₅	0.18	0.17	0.18	0.17	0.16	0.19	0.18
Cr ₂ O ₃				0.04	0.03	0.03	0.04
LOI	2.10	2.38	2.12	2.33	2.44	2.32	2.39
TOTAL	110.46	110.12	110.15	110.32	109.96	110.97	110.04
Elementos-traço ppm							
	42.12	43.95	42.73	46.87	47.28	43.55	45.01
Mn	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Mg	4.53	4.73	4.59	5.26	5.60	4.94	4.97

Fe	7.57	7.33	7.49	7.26	7.58	7.78	7.39
Cr							
Ni				89.60	99.40	77.10	68.20
Co	61.40	56.90	57.90	60.50	54.80	56.00	50.60
V							
Zr	105.60	88.10	97.80	76.90	82.40	92.50	92.20
Sc							
Y	19.30	18.60	20.00	19.10	19.80	22.70	22.40
Rb	9.30	9.50	11.80	10.10	7.80	6.50	8.30
Sr	288.50	257.70	252.00	257.90	231.60	279.30	295.50
Nb	10.10	9.10	10.10	7.50	8.00	8.90	8.60
Lu	0.33	0.26	0.27	0.29	0.27	0.38	0.33
Ba	152.00	132.00	112.00	135.00	111.00	409.00	185.00
Ga	17.20	16.40	16.50	15.30	14.20	14.30	14.30
Hf	2.50	2.10	2.80	2.30	2.00	2.10	2.40
Ta	0.60	0.70	0.60	0.50	0.50	0.60	0.60
Th	0.80	0.70	0.90	0.60	0.60	0.80	0.90
U	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10	0.20
Cu				128.10	161.90	108.00	80.40
Pb				0.80	0.70	0.60	0.40
Zn				40.00	41.00	42.00	40.00
Elementos Terras Raras - ETR ppm							
La	12.80	10.40	12.10	10.20	10.10	13.80	12.30
Ce	26.00	23.00	26.60	22.50	22.00	28.00	26.70
Pr	3.50	3.06	3.27	3.09	2.89	4.32	3.70
Nd	14.90	13.10	15.80	14.10	13.60	17.60	15.70
Sm	3.55	3.23	3.57	3.37	3.43	4.61	3.72
Eu	1.22	1.17	1.24	1.25	1.17	1.58	1.47
Gd	4.01	3.79	3.97	3.76	3.81	4.99	4.17
Tb	0.62	0.55	0.59	0.63	0.65	0.86	0.74

Dy	4.07	3.54	3.59	3.64	3.49	4.88	4.14
Ho	0.76	0.72	0.83	0.90	0.78	1.02	0.89
Er	2.25	1.83	1.87	2.45	2.39	3.07	2.55
Elementos maiores %							
Tm	0.32	0.29	0.29	0.33	0.30	0.40	0.37
Yb	1.73	1.88	1.92	2.12	2.10	2.66	2.29
ETR Total	76.06	66.82	75.91	68.63	66.98	88.17	79.07
LaN	19.75	16.05	18.67	15.74	15.59	21.30	18.98
CeN	15.52	13.73	15.88	13.43	13.13	16.72	15.94
PrN	13.78	12.05	12.87	12.17	11.38	17.01	14.57
NdN	11.92	10.48	12.64	11.28	10.88	14.08	12.56
PmN							
SmN	8.74	7.96	8.79	8.30	8.45	11.35	9.16
EuN	7.92	7.60	8.05	8.12	7.60	10.26	9.55
GdN	7.37	6.97	7.30	6.91	7.00	9.17	7.67
TbN	6.26	5.56	5.96	6.36	6.57	8.69	7.47
DyN	6.04	5.25	5.33	5.40	5.18	7.24	6.14
HoN	5.10	4.83	5.57	6.04	5.23	6.85	5.97
ErN	5.14	4.18	4.27	5.59	5.46	7.01	5.82
TmN	4.71	4.26	4.26	4.85	4.41	5.88	5.44
YbN	3.92	4.26	4.35	4.81	4.76	6.03	5.19
LuN	4.85	3.82	3.97	4.26	3.97	5.59	4.85
Eu/Eu*	0.99	1.02	1.01	1.07	0.99	1.01	1.14
LaN/YbN	5.04	3.76	4.29	3.27	3.27	3.53	3.66
LaN/SmN	2.26	2.02	2.12	1.90	1.84	1.88	2.07
CeN/YbN	3.96	3.22	3.65	2.79	2.76	2.77	3.07
CeN/SmN	1.78	1.73	1.81	1.62	1.55	1.47	1.74
EuN/YbN	2.02	1.78	1.85	1.69	1.60	1.70	1.84
GdN/YbN	1.88	1.64	1.68	1.44	1.47	1.52	1.48
SmN/YbN	2.23	1.87	2.02	1.73	1.78	1.88	1.76

La/Nb	1.27	1.14	1.20	1.36	1.26	1.55	1.43
La/Ba	0.08	0.08	0.11	0.08	0.09	0.03	0.07
La/Ce	0.49	0.45	0.45	0.45	0.46	0.49	0.46
Ce/Sm	7.32	7.12	7.45	6.68	6.41	6.07	7.18
Mg#	42.12	43.95	42.73	46.87	47.28	43.55	45.01

Unidade	Gabros Sítio Novo						
Amostras	HGN2-GQ2	HGN2-GQ3	HGN2-GQ4	OPU-4013	HMA3-GQ 1	HMA3-GQ 2	HMA3-GQ 3
Autor	Moreira et al. 2020	Moreira et al. 2020	Moreira et al. 2020	Moreira et al. 2020	Moreira et al. 2020	Moreira et al. 2020	Moreira et al. 2020

Elementos Maiores %

SiO ₂	47.70	47.60	47.40	48.02	48.30	48.50	48.50
Al ₂ O ₃	14.60	14.60	14.90	14.81	15.00	15.60	15.00
Fe ₂ O ₃	11.60	11.70	11.00	11.97	11.30	11.10	11.60
FeO	10.44	10.53	9.90	10.77	10.17	9.99	10.44
FeOt*	10.44	10.53	9.90	10.77	10.17	9.99	10.44
MnO	0.18	0.18	0.17	0.18	0.19	0.19	0.19
MgO	7.93	7.87	8.49	7.99	7.97	7.45	7.93
CaO	11.60	11.60	12.40	11.66	12.40	12.20	12.30
Na ₂ O	2.02	2.03	1.71	2.08	2.16	2.32	2.24
K ₂ O	0.56	0.54	0.43	0.43	0.38	0.42	0.39
TiO ₂	1.62	1.62	1.51	1.63	1.43	1.51	1.39
P ₂ O ₅	0.20	0.19	0.17	0.18	0.16	0.19	0.16
Cr ₂ O ₃	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03
LOI	1.90	1.89	2.10	1.55	0.70	0.62	0.81
TOTAL	110.39	110.39	110.22	111.30	110.19	110.11	110.98

Elementos-traço ppm

	43.17	42.78	46.17	42.59	43.94	42.72	43.17
Mn	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14
Mg	4.78	4.75	5.12	4.82	4.81	4.49	4.78
Fe	7.65	7.72	7.26	7.89	7.45	7.32	7.65

Cr							
Ni	61.90	63.10	70.90	54.20	38.90	36.90	40.50
Co	52.50	51.50	61.10	75.10	54.30	56.90	56.00
V							
Zr	100.30	103.60	88.40	115.20	86.20	97.10	82.10
Sc							
Y	20.60	21.20	19.50	20.60	19.30	19.40	19.00
Rb	11.90	10.70	8.00	7.60	6.00	7.60	5.80
Sr	254.40	241.40	290.80	258.70	271.80	259.40	256.30
Nb	9.50	9.80	8.40	10.80	7.80	9.00	7.20
Lu	0.35	0.36	0.30	0.30	0.30	0.32	0.28
Ba	164.00	167.00	156.00	116.00	136.00	157.00	159.00
Ga	14.40	14.70	14.30	16.30	13.40	14.40	13.60
Hf	2.30	2.70	2.20	2.90	2.10	2.50	2.00
Ta	0.70	0.60	0.50	0.80	0.60	0.60	0.60
Th	0.80	1.00	0.80	1.00	0.70	0.70	1.00
U	0.20	0.20	0.20	0.40	0.20	0.10	0.20
Cu	111.60	116.90	111.40	105.20	115.70	107.70	133.90
Pb	0.60	0.60	0.80	0.80	1.60	1.20	2.90
Zn	40.00	39.00	36.00	28.00	27.00	26.00	34.00
Elementos Terras Raras - ETR ppm							
La	12.60	12.10	10.50	13.30	9.70	12.70	10.30
Ce	28.50	28.60	23.30	28.10	23.60	24.50	22.40
Pr	3.63	3.68	3.28	3.57	3.10	3.43	3.06
Nd	16.20	16.20	14.70	15.80	13.20	14.80	13.20
Sm	3.90	3.68	3.39	3.89	3.39	3.43	3.28
Eu	1.32	1.44	1.31	1.30	1.29	1.31	1.26
Gd	4.16	4.21	3.75	4.19	3.70	4.00	3.78
Tb	0.73	0.74	0.68	0.67	0.64	0.68	0.69
Dy	4.18	4.24	3.67	4.17	3.48	3.96	3.60

Ho	0.99	0.92	0.80	0.75	0.79	0.80	0.82
Er	2.85	2.55	2.27	2.17	2.32	2.43	2.40
Elementos maiores %							
Tm	0.36	0.35	0.35	0.30	0.31	0.35	0.32
Yb	2.25	2.37	1.93	2.03	2.11	2.14	2.04
ETR Total	82.02	81.44	70.23	80.54	67.93	74.85	67.43
LaN	19.44	18.67	16.20	20.52	14.97	19.60	15.90
CeN	17.01	17.07	13.91	16.78	14.09	14.63	13.37
PrN	14.29	14.49	12.91	14.06	12.20	13.50	12.05
NdN	12.96	12.96	11.76	12.64	10.56	11.84	10.56
PmN							
SmN	9.61	9.06	8.35	9.58	8.35	8.45	8.08
EuN	8.57	9.35	8.51	8.44	8.38	8.51	8.18
GdN	7.65	7.74	6.89	7.70	6.80	7.35	6.95
TbN	7.37	7.47	6.87	6.77	6.46	6.87	6.97
DyN	6.20	6.29	5.45	6.19	5.16	5.88	5.34
HoN	6.64	6.17	5.37	5.03	5.30	5.37	5.50
ErN	6.51	5.82	5.18	4.95	5.30	5.55	5.48
TmN	5.29	5.15	5.15	4.41	4.56	5.15	4.71
YbN	5.10	5.37	4.38	4.60	4.78	4.85	4.63
LuN	5.15	5.29	4.41	4.41	4.41	4.71	4.12
Eu/Eu*	1.00	1.12	1.12	0.98	1.11	1.08	1.09
LaN/YbN	3.81	3.47	3.70	4.46	3.13	4.04	3.44
LaN/SmN	2.02	2.06	1.94	2.14	1.79	2.32	1.97
CeN/YbN	3.33	3.18	3.18	3.64	2.94	3.01	2.89
CeN/SmN	1.77	1.88	1.67	1.75	1.69	1.73	1.66
EuN/YbN	1.68	1.74	1.94	1.83	1.75	1.75	1.77
GdN/YbN	1.50	1.44	1.57	1.67	1.84	1.65	1.74
SmN/YbN	1.88	1.69	1.91	2.08			
La/Nb	1.33	1.23	1.25	1.23	1.24	1.41	1.43

La/Ba	0.08	0.07	0.07	0.11	0.07	0.08	0.06
La/Ce	0.44	0.42	0.45	0.47	0.41	0.52	0.46
Ce/Sm	7.31	7.77	6.87	7.22	6.96	7.14	6.83
Mg#	43.17	42.78	46.17	42.59	43.94	42.72	43.17

Gabros Sítio Novo						
Unidade						
Amostras	HMA4-GQ1	HMA4-GQ2	HMA4-GQ3	HMA5-GQ1	HMA5-GQ2	HMA5-GQ4
Autor	Moreira <i>et al.</i> 2020	Moreira <i>et al.</i> 2020	Moreira <i>et al.</i> 2020	Moreira <i>et al.</i> 2020	Moreira <i>et al.</i> 2020	Moreira <i>et al.</i> 2020
Elementos Maiores %						
SiO ₂	48.30	48.70	47.50	47.70	47.70	48.00
Al ₂ O ₃	15.20	14.40	15.30	15.70	15.90	15.90
Fe ₂ O ₃	10.80	12.40	10.30	10.60	10.80	10.90
FeO	9.72	11.16	9.27	9.54	9.72	9.81
FeOt*	9.72	11.16	9.27	9.54	9.72	9.81
MnO	0.18	0.24	0.16	0.18	0.17	0.18
MgO	8.55	6.95	9.43	8.82	9.00	8.84
CaO	12.50	12.20	12.60	12.50	12.30	12.40
Na ₂ O	2.04	2.29	1.75	2.09	1.97	2.03
K ₂ O	0.31	0.39	0.29	0.32	0.31	0.33
TiO ₂	1.48	1.97	1.25	1.35	1.31	1.37
P ₂ O ₅	0.17	0.25	0.14	0.16	0.15	0.16
Cr ₂ O ₃	0.07	0.02	0.07	0.04	0.04	0.05
LOI	1.01	0.65	1.79	0.83	0.53	0.43
TOTAL	110.33	111.62	109.85	109.83	109.90	110.40
Elementos-traço ppm						
	46.80	38.38	50.43	48.04	48.08	47.41
Mn	0.13	0.18	0.12	0.13	0.13	0.13
Mg	5.16	4.19	5.69	5.32	5.43	5.33
Fe	7.12	8.18	6.79	6.99	7.12	7.19
Cr						

Ni	47.80	32.40	71.60	56.10	65.40	58.90
Co	58.50	51.10	51.60	64.60	57.80	69.10
V						
Zr	95.30	132.90	75.40	80.50	75.70	85.20
Sc						
Y	18.90	26.80	14.80	16.20	15.80	16.80
Rb	4.20	5.90	5.70	5.00	5.20	5.40
Sr	231.30	243.90	305.40	252.00	239.00	246.90
Nb	8.40	11.80	7.30	7.50	7.20	7.90
Lu	0.31	0.44	0.28	0.29	0.23	0.28
Ba	119.00	158.00	89.00	125.00	128.00	140.00
Ga	13.80	15.70	13.30	14.20	13.90	14.10
Hf	2.30	3.40	2.00	1.90	2.00	2.00
Ta	0.60	0.80	0.50	0.50	0.50	0.70
Th	0.80	1.30	0.70	0.60	0.70	0.70
U	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10	0.20
Cu	107.80	140.00	79.10	77.30	97.20	94.60
Pb	3.00	3.20	1.10	20.20	3.90	4.60
Zn	23.00	43.00	21.00	20.00	23.00	23.00
Elementos Terras Raras - ETR ppm						
La	11.40	15.70	9.60	9.50	9.50	9.30
Ce	23.00	35.80	21.00	23.00	20.30	22.60
Pr	3.12	4.87	2.69	2.93	2.81	2.97
Nd	15.30	21.20	11.50	14.10	12.20	13.90
Sm	3.43	4.74	2.74	3.26	3.08	3.00
Eu	1.19	1.60	0.95	1.13	1.19	1.12
Gd	3.89	5.53	3.19	3.45	3.35	3.38
Tb	0.65	0.96	0.56	0.60	0.56	0.58
Dy	3.89	5.33	3.10	3.26	3.27	3.26
Ho	0.86	1.18	0.67	0.71	0.67	0.71

Er	2.34	3.36	2.01	2.18	1.93	2.00
Elementos maiores %						
Tm	0.33	0.46	0.28	0.30	0.28	0.28
Yb	2.11	3.07	1.75	2.04	1.85	1.79
ETR Total	71.82	104.24	60.32	66.75	61.22	65.17
LaN	17.59	24.23	14.81	14.66	14.66	14.35
CeN	13.73	21.37	12.54	13.73	12.12	13.49
PrN	12.28	19.17	10.59	11.54	11.06	11.69
NdN	12.24	16.96	9.20	11.28	9.76	11.12
PmN						
SmN	8.45	11.67	6.75	8.03	7.59	7.39
EuN	7.73	10.39	6.17	7.34	7.73	7.27
GdN	7.15	10.17	5.86	6.34	6.16	6.21
TbN	6.57	9.70	5.66	6.06	5.66	5.86
DyN	5.77	7.91	4.60	4.84	4.85	4.84
HoN	5.77	7.92	4.50	4.77	4.50	4.77
ErN	5.34	7.67	4.59	4.98	4.41	4.57
TmN	4.85	6.76	4.12	4.41	4.12	4.12
YbN	4.78	6.96	3.97	4.63	4.20	4.06
LuN	4.56	6.47	4.12	4.26	3.38	4.12
Eu/Eu*	0.99	0.95	0.98	1.03	1.13	1.07
LaN/YbN	3.68	3.48	3.73	3.17	3.49	3.54
LaN/SmN	2.08	2.08	2.20	1.83	1.93	1.94
CeN/YbN	2.87	3.07	3.16	2.97	2.89	3.32
CeN/SmN	1.63	1.83	1.86	1.71	1.60	1.83
EuN/YbN	1.62	1.49	1.55	1.59	1.84	1.79
GdN/YbN	1.50	1.46	1.48	1.37	1.47	1.53
SmN/YbN	1.77	1.68	1.70	1.73	1.81	1.82
La/Nb	1.36	1.33	1.32	1.27	1.32	1.18
La/Ba	0.10	0.10	0.11	0.08	0.07	0.07

La/Ce	0.50	0.44	0.46	0.41	0.47	0.41
Ce/Sm	6.71	7.55	7.66	7.06	6.59	7.53
Mg#	46.80	38.38	50.43	48.04	48.08	47.41

Tabela 7. Análises químicas das rochas da Faixa Rio Preto. Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade	Faixa Rio Preto										
Amostras	FRP-315	FRP-317	FRP-176	FRP-316	FRP-180B	FRP-180A	FRP-095	FRP-093	FRP-318	FRP-316A	FRP-324
Autor	Caxito <i>et al</i> 2014	Caxito <i>et al</i> 2014	Caxito <i>et al</i> 2014	Caxito <i>et al</i> 2014	Caxito <i>et al</i> 2014	Caxito <i>et al</i> 2014	Caxito <i>et al</i> 2014	Caxito <i>et al</i> 2014	Caxito <i>et al</i> 2014	Caxito <i>et al</i> 2014	Caxito <i>et al</i> 2014
Elementos Maiores %											
SiO ₂	40.72	41.24	42.43	42.92	43.76	45.51	45.92	46.39	46.93	47.46	48.37
Al ₂ O ₃	11.36	10.41	14.95	13.95	10.17	12.47	15.35	16.19	18.06	18.05	17.01
Fe ₂ O ₃	20.31	19.78	14.14	16.84	18.95	17.19	13.63	12.66	10.74	11.95	10.52
FeO	18.27	17.80	12.72	15.15	17.05	15.47	12.26	11.39	9.66	10.75	9.47
FeOt*	18.27	17.80	12.72	15.15	17.05	15.47	12.26	11.39	9.66	10.75	9.47
MnO	0.31	0.30	0.26	0.21	0.27	0.27	0.22	0.19	0.16	0.19	0.16
MgO	6.48	6.11	13.30	5.19	6.25	6.62	10.14	8.21	5.55	4.18	7.77
CaO	9.57	11.07	4.33	11.29	8.79	8.68	4.44	10.68	10.98	9.24	8.01
Na ₂ O	2.25	1.73	2.11	2.26	3.03	3.08	2.59	2.29	3.23	4.20	2.73
K ₂ O	0.31	0.48	0.09	0.30	0.43	0.29	0.10	0.20	0.31	0.23	1.08
TiO ₂	7.39	7.30	2.34	4.80	5.91	3.70	2.40	1.07	1.79	3.17	1.64
P ₂ O ₅	0.34	0.39	0.34	0.32	0.42	0.65	0.25	0.08	0.32	0.26	0.19
Cr ₂ O ₃	<0.002	0.00	0.05	0.01	0.01	0.02	0.06	0.02	0.02	0.01	0.02
LOI	0.70	0.80	5.30	1.60	1.70	1.20	4.60	1.80	1.70	0.80	2.20
TOTAL	118.01	117.41	112.36	114.84	116.74	115.15	111.97	111.17	109.45	110.49	109.16
Elementos-traço ppm											
	26.18	25.56	51.11	25.51	26.82	29.97	45.26	41.88	36.48	27.99	45.08
Mn	0.23	0.22	0.19	0.16	0.20	0.20	0.16	0.14	0.12	0.14	0.12
Mg	3.91	3.68	8.02	3.13	3.77	3.99	6.11	4.95	3.35	2.52	4.69
Fe	13.40	13.05	9.33	11.11	12.50	11.34	8.99	8.35	7.08	7.88	6.94
Cr											
Ni	7.10	5.70	83.50	15.90	15.30	34.00	81.30	54.50	20.60	10.30	56.70
Co	60.70	40.00	43.50	51.70	49.50	44.30	44.30	58.40	34.40	36.90	50.80
V	660.00	987.00	296.00	678.00	594.00	393.00	309.00	289.00	260.00	422.00	176.00
Zr	204.40	226.00	153.10	161.70	215.30	285.40	182.80	53.40	127.80	117.90	216.10
Sc	60.00	66.00	33.00	52.00	47.00	43.00	36.00	38.00	31.00	36.00	17.00

Y	35.20	41.90	40.00	30.00	38.60	53.30	40.30	22.10	28.70	27.80	22.80
Rb	6.00	5.60	1.80	2.40	9.30	6.10	1.00	4.50	7.80	3.50	26.40
Sr	230.00	257.60	183.60	431.50	216.90	291.50	107.60	136.10	404.70	294.30	370.10
Nb	17.90	13.90	35.40	10.40	18.40	18.90	44.80	2.70	29.00	7.30	12.20
Lu	0.54	0.53	0.61	0.40	0.54	0.77	0.62	0.36	0.40	0.34	0.32
Ba	62.00	45.00	63.00	75.00	88.00	39.00	51.00	80.00	148.00	119.00	296.00
Ga	19.70	21.90	19.50	23.50	17.70	21.60	18.60	17.20	19.60	21.60	20.60
Hf	5.20	4.70	3.60	3.50	4.40	6.80	4.70	1.80	3.10	2.50	4.20
Ta	1.20	1.10	1.60	0.80	0.80	1.10	2.70	0.20	1.50	0.60	0.60
Th	1.20	1.50	3.30	1.20	2.20	2.30	3.90	0.60	2.10	0.90	2.00
U	0.20	0.40	0.70	0.20	0.50	0.50	2.20	0.10	0.40	0.20	0.50
Cu	24.70	2.70	59.70	106.90	20.30	60.70	50.90	107.30	8.40	8.10	42.30
Pb	0.50	0.80	0.70	0.70	84.60	3.30	1.00	0.30	0.60	0.30	1.30
Zn	36.00	36.00	70.00	31.00	51.00	48.00	75.00	30.00	33.00	26.00	32.00
Elementos Terras Raras - ETR ppm											
La	10.70	14.20	32.40	11.10	13.00	25.10	28.90	5.10	19.70	12.60	15.40
Ce	26.60	36.20	51.20	28.30	33.90	55.90	53.20	9.20	38.70	30.10	39.60
Pr	4.08	5.18	7.82	4.19	5.01	8.60	7.39	1.44	4.87	4.10	4.81
Nd	19.50	24.50	33.50	19.60	22.20	36.60	29.80	6.80	21.20	19.20	22.60
Sm	5.90	7.17	7.19	4.95	6.39	10.23	6.77	2.19	5.18	4.79	4.68
Eu	2.49	2.79	2.25	2.28	2.41	3.58	2.33	0.87	1.59	1.94	1.57
Gd	7.15	8.38	7.90	6.20	7.90	11.07	7.50	3.21	5.71	5.74	5.07
Tb	1.10	1.30	1.19	0.94	1.19	1.76	1.22	0.58	0.85	0.83	0.76
Dy	6.42	7.96	7.35	5.13	6.86	10.63	7.60	3.81	5.68	5.27	4.59
Ho	1.32	1.54	1.61	1.11	1.43	2.06	1.57	0.79	1.14	1.01	0.92
Er	4.04	4.48	4.37	3.21	3.91	5.09	4.51	2.47	2.87	2.69	2.35
Elementos maiores											
%											
Tm	0.52	0.58	0.66	0.42	0.55	0.73	0.65	0.35	0.42	0.35	0.36
Yb	3.41	3.71	3.85	2.54	3.18	4.48	4.26	2.41	2.64	2.41	2.57
ETR Total	93.77	118.52	161.90	90.37	108.47	176.60	156.32	39.58	110.95	91.37	105.60
LaN	16.51	21.91	50.00	17.13	20.06	38.73	44.60	7.87	30.40	19.44	23.77
CeN	15.88	21.61	30.57	16.90	20.24	33.37	31.76	5.49	23.10	17.97	23.64
PrN	16.06	20.39	30.79	16.50	19.72	33.86	29.09	5.67	19.17	16.14	18.94
NdN	15.60	19.60	26.80	15.68	17.76	29.28	23.84	5.44	16.96	15.36	18.08
PmN											
SmN	14.53	17.66	17.71	12.19	15.74	25.20	16.67	5.39	12.76	11.80	11.53
EuN	16.17	18.12	14.61	14.81	15.65	23.25	15.13	5.65	10.32	12.60	10.19

GdN	13.14	15.40	14.52	11.40	14.52	20.35	13.79	5.90	10.50	10.55	9.32
TbN	11.11	13.13	12.02	9.49	12.02	17.78	12.32	5.86	8.59	8.38	7.68
DyN	9.53	11.81	10.91	7.61	10.18	15.77	11.28	5.65	8.43	7.82	6.81
HoN	8.86	10.34	10.81	7.45	9.60	13.83	10.54	5.30	7.65	6.78	6.17
ErN	9.22	10.23	9.98	7.33	8.93	11.62	10.30	5.64	6.55	6.14	5.37
TmN	7.65	8.53	9.71	6.18	8.09	10.74	9.56	5.15	6.18	5.15	5.29
YbN	7.73	8.41	8.73	5.76	7.21	10.16	9.66	5.46	5.99	5.46	5.83
LuN	7.94	7.79	8.97	5.88	7.94	11.32	9.12	5.29	5.88	5.00	4.71
Eu/Eu*	1.17	1.10	0.91	1.26	1.04	1.03	1.00	1.00	0.89	1.13	0.98
LaN/YbN	2.14	2.60	5.73	2.97	2.78	3.81	4.62	1.44	5.08	3.56	4.08
LaN/SmN	1.14	1.24	2.82	1.40	1.27	1.54	2.67	1.46	2.38	1.65	2.06
CeN/YbN	2.05	2.57	3.50	2.93	2.81	3.29	3.29	1.01	3.86	3.29	4.06
CeN/SmN	1.09	1.22	1.73	1.39	1.29	1.32	1.90	1.02	1.81	1.52	2.05
EuN/YbN	2.09	2.15	1.67	2.57	2.17	2.29	1.57	1.03	1.72	2.31	1.75
GdN/YbN	1.70	1.83	1.66	1.98	2.01	2.00	1.43	1.08	1.75	1.93	1.60
SmN/YbN	1.88	2.10	2.03	2.12	2.18	2.48	1.73	0.99	2.13	2.16	1.98
La/Nb	0.60	1.02	0.92	1.07	0.71	1.33	0.65	1.89	0.68	1.73	1.26
La/Ba	0.17	0.32	0.51	0.15	0.15	0.64	0.57	0.06	0.13	0.11	0.05
La/Ce	0.40	0.39	0.63	0.39	0.38	0.45	0.54	0.55	0.51	0.42	0.39
Ce/Sm	4.51	5.05	7.12	5.72	5.31	5.46	7.86	4.20	7.47	6.28	8.46
Mg#	26.18	25.56	51.11	25.51	26.82	29.97	45.26	41.88	36.48	27.99	45.08

Tabela 8. Análises químicas das rochas do Complexo Salto da Divisa. Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade		Complexo Salto da Divisa												
Amostras	D017b	AV052f	AV039b	SD040b	D005b	D004b	AV013b	AV074b	AV057b	AV072b	AV010b	AV011b	AV007	AV044b
Autor	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022	Victoria <i>et al</i> 2022
Elementos Maiores %														
SiO ₂	43.40	47.70	50.90	51.10	42.50	44.80	46.00	46.30	46.60	48.20	49.50	49.70	52.20	52.50
Al ₂ O ₃	6.65	4.68	14.70	14.50	16.60	13.40	13.90	14.30	14.00	14.70	10.90	13.20	15.20	14.40
Fe ₂ O ₃	16.70	16.50	11.80	11.80	15.00	17.70	15.50	13.50	14.50	13.00	12.60	16.40	12.10	11.80
FeO														
FeOt*	15.03	14.85	10.62	10.62	13.50	15.93	13.95	12.15	13.05	11.70	11.34	14.76	10.89	10.62

MnO	0.23	0.30	0.19	0.18	0.22	0.23	0.20	0.20	0.21	0.20	0.20	0.20	0.18	0.17
MgO	16.00	13.40	5.37	6.98	8.82	3.87	4.99	4.89	7.10	7.29	7.34	5.30	4.26	3.95
CaO	9.29	11.90	8.21	8.44	9.44	7.57	7.75	7.88	9.52	11.50	11.30	8.34	6.12	9.79
Na2O	0.57	0.95	4.14	2.53	2.50	2.24	2.50	1.12	2.56	0.67	2.01	2.26	3.01	3.48
K2O	0.11	0.38	1.81	1.83	1.14	2.94	3.49	4.53	1.52	1.99	0.72	1.76	2.75	0.54
TiO2	3.08	2.39	2.18	1.83	1.84	3.61	3.28	2.71	3.32	1.80	2.79	2.13	2.17	2.20
P2O5	0.31	0.50	0.40	0.49	0.37	1.11	0.43	0.82	0.47	0.18	0.62	0.19	0.42	0.43
Cr2O3														
LOI	2.85	1.76	0.30	0.37	1.51	1.48	1.52	2.05	0.63	0.97	0.50	0.25	0.71	0.65
TOTAL	114.22	115.31	110.62	110.66	113.44	114.88	113.50	110.45	113.48	112.19	109.81	114.49	110.00	110.53
<i>Elementos-traço ppm</i>														
	63.07	59.14	44.79	51.32	51.18	28.04	36.46	39.23	46.60	49.99	50.94	36.55	38.56	37.37
Mn														
Mg														
Fe														
Cr														
Ni	678.00	295.00	23.00	94.00	135.00	20.00	43.00	29.00	55.00	88.00	118.00	68.00	23.00	17.00
Co	83.70	105.60	67.10	44.10	68.20	55.90	53.20	51.30	50.10	58.70	51.90	53.80	33.60	31.30
V	244.00	296.00	168.00	168.00	192.00	191.00	316.00	229.00	318.00	253.00	265.00	361.00	260.00	263.00
Zr	128.00	102.00	169.00	286.00	97.00	204.00	204.00	222.00	252.00	66.00	186.00	120.00	196.00	269.00
Sc														
Y	18.32	15.71	24.09	24.22	23.64	37.26	38.25	27.17	23.61	14.94	19.97	26.14	29.78	22.44
Rb	2.90	10.50	47.80	49.40	22.10	128.70	134.20	82.60	29.90	47.90	4.40	187.10	261.60	21.60
Sr	49.00	89.00	520.00	361.00	404.00	349.00	239.00	874.00	610.00	547.00	512.00	241.00	285.00	618.00
Nb	23.71	37.68	35.87	34.99	29.86	46.26	32.97	47.11	44.62	19.20	41.75	9.62	44.82	47.18
Lu	0.17	0.11	0.34	0.35	0.38	0.54	0.49	0.24	0.28	0.23	0.10	0.26	0.43	0.21
Ba	542.00	94.00	976.00	830.00	279.00	963.00	688.00	1937.00	356.00	380.00	266.00	365.00	405.00	52.00
Ga	19.10	12.20	21.10	16.00	23.20	23.00	23.50	25.00	18.50	16.10	20.10	24.30	17.60	24.60
Hf	4.53	3.12	5.62	6.17	3.82	6.17	5.24	5.45	5.70	2.71	4.59	3.50	5.80	6.29
Ta	1.73	1.56	2.42	2.14	1.89	3.06	0.03	0.03	2.92	1.60	0.03	0.03	2.73	0.28

TbN														
DyN														
HoN														
ErN														
TmN														
YbN	6.70	4.78	10.53	10.53	12.92	15.79	17.70	10.53	10.05	7.18	6.22	11.00	14.35	9.57
LuN														
Eu/Eu*	1.06	0.99	0.94	0.83	1.18	1.09	0.98	1.07	1.03	1.07	0.90	0.90	0.96	0.97
LaN/YbN	10.84	31.22	14.65	12.44	7.57	10.79	5.99	16.98	10.63	6.16	24.12	3.02	12.85	16.99
LaN/SmN														
CeN/YbN														
CeN/SmN														
EuN/YbN														
GdN/YbN														
SmN/YbN														
La/Nb	0.95	1.23	1.33	1.16	1.01	1.14	1.00	1.18	0.74	0.71	1.11	1.07	1.28	1.07
La/Ba	0.04	0.49	0.05	0.05	0.11	0.05	0.05	0.03	0.09	0.04	0.17	0.03	0.14	0.97
La/Ce	0.47	0.44	0.52	0.53	0.49	0.55	0.51	0.48	0.45	0.44	0.48	0.43	0.58	0.54
Ce/Sm	7.60	11.35	10.92	10.24	9.45	8.16	8.01	10.81	9.70	7.97	10.75	5.04	12.31	12.10
Mg#	0.01	0.05	0.07	0.07	0.11	0.07	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.46	0.01

Tabela 9. Análises químicas das rochas dos basaltos Gangila. Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade	Basalto Gangila					
Amostras	Tack-432	Tack-417	Tack-2478	Tack-431	Tack-1315	Tack-2485
Autor	Tack <i>et al</i> 2001	Tack <i>et al</i> 2001	Tack <i>et al</i> 2001	Tack <i>et al</i> 2001	Tack <i>et al</i> 2001	Tack <i>et al</i> 2001
Elementos Maiores %						
SiO ₂	46.93	47.68	50.16	51.00	47.67	50.99
Al ₂ O ₃	14.88	13.98	7.24	14.14	15.77	20.36
Fe ₂ O ₃	2.28	5.96	6.11	3.31	5.89	3.57

FeO	8.29	4.83	10.58	5.97	5.11	3.75
FeOt*	10.32	10.13	16.01	8.91	10.35	6.92
MnO	0.16	0.18	0.16	0.17	0.17	0.11
MgO	9.24	7.22	6.98	6.82	5.36	2.80
CaO	10.27	14.41	13.46	12.09	15.79	9.07
Na2O	1.85	0.71	1.50	2.13	0.31	4.44
K2O	0.13	0.15	0.13	0.12	0.07	0.68
TiO2	1.09	0.70	0.81	0.85	0.87	0.94
P2O5	0.19	0.12	0.12	0.13	0.16	0.27
Cr2O3						
LOI	3.93	3.70	2.43	2.23	2.83	2.52
TOTAL	99.24	99.64	99.68	98.96	100.00	99.50
Elementos-traço ppm						
Mn	0.12	0.13	0.12	0.13	0.13	0.08
Mg	5.57	4.35	4.21	4.11	3.23	1.69
Fe	6.08	3.54	7.76	4.38	3.75	2.75
Cr						
Ni						
Co	60.00	49.00	51.00	44.00	40.00	27.00
V	-	248.00	246.00	234.00	269.00	-
Zr	124.00	53.00	84.00	82.00	88.00	156.00
Sc	39.00	37.00	38.00	37.00	34.00	18.00
Y	23.00	16.00	17.00	15.00	17.00	29.00
Rb	3.00	4.00	4.00	3.00	2.00	28.00
Sr	269.00	108.00	209.00	196.00	294.00	305.00
Nb						
Lu	0.32	0.37	0.28	0.43	0.34	0.37
Ba		74.00		215.00		
Ga						
Hf	2.06	0.96	1.37	1.32	1.05	3.09

Ta	0.75	0.14	0.20	0.22	0.27	0.50
Th	1.23	0.37	0.75	0.65	0.46	4.57
U	0.42	0.17	0.15	0.26	0.15	0.86
Cu						
Pb						
Zn						
Elementos Terras Raras - ETR ppm						
La	14.20	44.46	7.46	7.10	5.63	26.90
Ce	28.30	10.10	16.40	16.30	11.70	52.00
Pr						
Nd	14.90	6.07	10.30	9.01	8.12	23.10
Sm	3.06	1.57	2.11	2.11	1.92	3.94
Eu	1.10	0.68	0.91	0.82	0.87	1.24
Gd						
Tb	0.58	0.36	0.43	0.46	0.42	0.65
Dy		2.51	2.58	2.26	2.36	
Ho	0.75					0.83
Er						
Elementos maiores %						
Tm	1.92	1.64	1.62	1.67	1.55	2.35
Yb	65.13	67.76	42.09	40.16	32.91	111.38
Total ETR	21.91	68.61	11.51	10.96	8.69	41.51
LaN	16.90	6.03	9.79	9.73	6.99	31.04
CeN						
PrN	11.92	4.86	8.24	7.21	6.50	18.48
NdN						
PmN	7.54	3.87	5.20	5.20	4.73	9.70
SmN	7.14	4.42	5.91	5.32	5.65	8.05
EuN						
GdN	5.86	3.64	4.34	4.65	4.24	6.57

TbN		3.72	3.83	3.35	3.50	
DyN	5.03					5.57
HoN						
ErN						
TmN	4.35	3.72	3.67	3.79	3.51	5.33
YbN	4.71	5.44	4.12	6.32	5.00	5.44
LuN						
Eu/Eu*	5.03	18.45	3.13	2.89	2.47	7.79
LaN/YbN	2.91	17.74	2.22	2.11	1.84	4.28
LaN/SmN	3.88	1.62	2.67	2.57	1.99	5.83
CeN/YbN	2.24	1.56	1.88	1.87	1.48	3.20
CeN/SmN	1.64	1.19	1.61	1.41	1.61	1.51
EuN/YbN						
GdN/YbN	1.73	1.04	1.42	1.37	1.35	1.82
SmN/YbN						
La/Nb		0.60		0.03		
La/Ba	0.50	4.40	0.45	0.44	0.48	0.52
La/Ce	9.25	6.43	7.77	7.73	6.09	13.20
Ce/Sm	52.71	59.92	39.75	53.32	51.19	42.75
Mg#						

Tabela 10. Análises químicas dos Diques Sembé-Ouessou Comba. Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade	Diques Sembé-Ouessou Comba		
	SB53	SB61	T1
Autor	Vicat e Pouclet 1995	Vicat e Pouclet 1995	Vicat e Pouclet 1995
Elementos Maiores %			
SiO ₂	47.20	48.89	47.26
Al ₂ O ₃	12.30	12.84	17.84
Fe ₂ O ₃			

FeO	14.88	13.70	11.25
FeOt*	14.88	13.70	11.25
MnO	0.49	0.22	0.20
MgO	5.50	5.72	3.49
CaO	7.10	8.65	9.81
Na ₂ O	2.70	2.87	3.32
K ₂ O	1.20	1.14	0.65
TiO ₂	3.83	4.13	3.09
P ₂ O ₅	0.50	0.48	0.49
Cr ₂ O ₃			
LOI	2.40	0.56	1.33
TOTAL	98.10	99.20	98.73
<i>Elementos-traço ppm</i>			
Mn	0.37	0.16	0.15
Mg	3.32	3.45	2.10
Fe	10.91	10.04	8.25
Cr			
Ni	54.00	92.00	78.00
Co			
V			
Zr	224.00	217.00	236.00
Sc			
Y	38.00	34.00	32.00
Rb	42.00	33.00	21.00
Sr	525.00	604.00	519.00
Nb	23.00	29.00	26.00
Lu			
Ba	414.00	375.00	321.00
Ga			
Hf			

Ta			
Th	2.00	3.00	2.20
U			
Cu			
Pb			
Zn			
Elementos Terras Raras - ETR ppm			
La	43.31	35.45	36.94
Ce	92.03	74.74	67.01
Pr			
Nd	52.98	41.50	36.13
Sm	13.15	10.74	11.07
Eu	3.74	3.14	2.74
Gd	9.50	6.31	8.01
Tb			
Dy	9.57	5.95	8.15
Ho			
Er	4.08	2.68	3.20
Elementos maiores %			
Tm	3.07	2.45	2.63
Yb	231.43	182.96	175.88
Total ETR	66.84	54.71	57.01
LaN	54.94	44.62	40.01
CeN			
PrN	42.38	33.20	28.90
NdN			
PmN	32.39	26.45	27.27
SmN	24.29	20.39	17.79
EuN	17.46	11.60	14.72
GdN			

TbN	14.20	8.83	12.09
DyN			
HoN	9.32	6.12	7.31
ErN			
TmN	6.96	5.56	5.96
YbN			
LuN	1.02	1.16	0.89
Eu/Eu*	9.60	9.85	9.56
LaN/YbN	2.06	2.07	2.09
LaN/SmN	7.89	8.03	6.71
CeN/YbN	1.70	1.69	1.47
CeN/SmN	3.49	3.67	2.98
EuN/YbN	2.51	2.09	2.47
GdN/YbN	4.65	4.76	4.58
SmN/YbN	1.88	1.22	1.42
La/Nb	0.10	0.09	0.12
La/Ba	0.47	0.47	0.55
La/Ce	7.00	6.96	6.05
Ce/Sm	26.99	29.45	23.68
Mg#			

Tabela 11. Análises químicas do Complexo Nemba. Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade		Complexo Nemba										
Amostras	NE10	NE11a	NE11b	NE12	NE14	NE15	NE16	NE17	NE18	NE19	NE20	NE21
Autor	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018
Elementos Maiores %												
SiO ₂	51.17	45.00	46.84	46.31	47.83	50.54	50.28	52.41	49.85	49.34	49.56	57.71
Al ₂ O ₃	14.49	16.07	14.90	15.94	15.26	15.25	14.23	12.52	15.32	15.16	15.26	11.13
Fe ₂ O ₃	9.43	12.48	11.82	11.81	11.19	9.97	10.92	10.34	10.32	11.01	10.57	9.08

FeO												
FeOt*	8.49	11.23	10.64	10.63	10.07	8.97	9.83	9.30	9.29	9.91	9.51	8.17
MnO	0.14	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.17	0.17	0.16	0.18	0.17	0.13
MgO	3.55	8.61	6.81	8.26	6.95	5.61	8.93	6.00	7.74	8.33	7.48	3.59
CaO	15.00	9.72	12.06	8.99	12.16	12.43	7.40	13.85	8.17	7.62	8.78	13.37
Na2O	1.09	2.29	2.17	3.02	2.04	2.16	3.17	0.76	4.10	3.82	4.06	0.39
K2O	0.09	0.61	0.59	0.64	0.25	0.33	0.19	0.12	0.41	0.47	0.23	0.10
TiO2	1.29	1.31	1.42	1.33	0.84	0.81	0.80	0.97	0.97	0.84	0.84	1.12
P2O5	0.26	0.23	0.24	0.23	0.22	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cr2O3												
LOI	2.02	2.83	1.74	2.62	1.88	1.57	2.45	1.35	2.12	2.20	1.70	2.05
TOTAL	98.52	99.32	98.76	99.30	98.79	98.83	98.52	98.52	99.15	98.98	98.65	98.66
Elementos-traço ppm												
Mn												
Mg												
Fe												
Cr	196.00	208.00	197.00	204.00	274.00	306.00	325.00	352.00	297.00	342.00	341.00	121.00
Ni	188.00	427.00	133.00	192.00	190.00	184.00	150.00	145.00	158.00	133.00	175.00	100.00
Co	33.90	53.90	45.40	51.10	49.40	36.50	52.30	38.10	56.40	49.20	44.80	24.40
V	237.00	263.00	266.00	261.00	204.00	235.00	207.00	233.00	221.00	227.00	248.00	238.00
Zr	63.10	64.60	74.10	64.90	70.00	69.60	78.80	96.40	97.00	81.30	79.90	114.00
Sc	37.32	38.91	40.01	38.25	32.81	34.83	36.52	42.61	40.19	38.00	39.31	34.63
Y	17.10	18.50	19.40	18.20	19.80	17.40	18.10	21.00	20.90	18.80	18.50	24.20
Rb	0.79	12.60	12.90	13.70	3.78	5.83	2.45	0.74	8.61	10.00	3.10	0.87
Sr	363.00	206.00	237.00	161.00	579.00	662.00	226.00	441.00	232.00	169.00	216.00	523.00
Nb	11.20	11.20	12.40	11.30	10.50	5.22	4.27	5.39	5.43	4.40	4.45	6.29
Lu	0.28	0.29	0.31	0.29	0.29	0.27	0.28	0.32	0.33	0.30	0.29	0.38
Ba	31.60	393.00	359.00	417.00	137.00	201.00	82.80	21.70	254.00	314.00	94.70	24.80
Ga	18.70	15.60	16.30	15.10	15.80	18.60	13.10	18.50	14.70	16.00	16.50	17.50
Hf	1.61	1.62	1.76	1.67	1.69	1.72	2.03	2.49	2.52	2.14	2.12	2.92

Ta	0.81	0.81	0.90	0.84	0.65	0.34	0.28	0.34	0.35	0.29	0.29	0.40
Th	0.84	0.87	0.92	0.89	1.20	0.79	1.78	2.17	2.17	1.87	1.81	2.60
U	0.26	0.19	0.21	0.16	0.26	0.15	0.23	0.23	0.24	0.21	0.20	0.40
Cu	22.20	11.30	301.00	51.50	8.40	93.20	58.20	<8	<8	29.70	34.10	36.40
Pb	3.35	1.65	2.57	1.55	3.15	4.67	2.76	5.04	2.20	1.80	2.72	4.53
Zn	34.90	93.00	81.00	92.10	76.10	58.90	104.00	60.20	87.00	102.00	85.90	36.70
Elementos Terras Raras - ETR ppm												
La	11.50	11.50	12.00	11.10	21.00	14.00	13.40	15.20	16.70	13.70	13.50	18.60
Ce	23.90	24.90	26.00	24.20	43.10	28.80	27.70	31.70	34.20	28.60	28.20	38.80
Pr	2.92	3.09	3.19	2.98	4.94	3.40	3.23	3.71	3.97	3.37	3.31	4.48
Nd	12.50	13.40	13.70	12.50	19.20	13.80	13.00	15.10	16.10	13.50	13.30	18.00
Sm	2.78	3.03	3.14	2.90	3.85	2.96	2.89	3.31	3.51	3.01	2.97	4.02
Eu	1.10	1.13	1.10	1.03	1.26	1.04	0.87	1.11	1.17	1.06	1.04	1.30
Gd	2.82	3.08	3.11	2.94	3.62	2.88	2.88	3.31	3.41	2.99	2.92	3.90
Tb	0.46	0.50	0.52	0.49	0.56	0.47	0.47	0.57	0.57	0.50	0.49	0.66
Dy	3.00	3.27	3.44	3.26	3.61	3.06	3.14	3.80	3.73	3.35	3.26	4.23
Ho	0.67	0.72	0.76	0.71	0.76	0.67	0.68	0.82	0.80	0.73	0.72	0.94
Er	1.83	1.94	2.05	1.94	2.01	1.83	1.86	2.18	2.24	2.01	1.97	2.57
Elementos maiores %												
Tm	0.27	0.27	0.30	0.28	0.28	0.26	0.27	0.31	0.32	0.29	0.28	0.37
Yb	1.82	1.86	2.00	1.89	1.88	1.78	1.84	2.10	2.17	1.94	1.91	2.46
Yb	65.84	68.97	71.61	66.50	106.36	75.22	72.51	83.55	89.22	75.34	74.16	100.70
Total ETR	17.75	17.75	18.52	17.13	32.41	21.60	20.68	23.46	25.77	21.14	20.83	28.70
LaN	14.27	14.87	15.52	14.45	25.73	17.19	16.54	18.93	20.42	17.07	16.84	23.16
CeN	11.50	12.17	12.56	11.73	19.45	13.39	12.72	14.61	15.63	13.27	13.03	17.64
PrN	10.00	10.72	10.96	10.00	15.36	11.04	10.40	12.08	12.88	10.80	10.64	14.40
NdN												
PmN	6.85	7.46	7.73	7.14	9.48	7.29	7.12	8.15	8.65	7.41	7.32	9.90
SmN	7.14	7.34	7.14	6.69	8.18	6.75	5.66	7.21	7.60	6.88	6.75	8.44
EuN	5.18	5.66	5.72	5.40	6.65	5.29	5.29	6.08	6.27	5.50	5.37	7.17

GdN	4.67	5.03	5.25	4.92	5.69	4.75	4.79	5.78	5.71	5.09	4.96	6.64
TbN	4.45	4.85	5.10	4.84	5.36	4.54	4.66	5.64	5.53	4.97	4.84	6.28
DyN	4.50	4.80	5.12	4.79	5.07	4.52	4.56	5.52	5.39	4.89	4.82	6.33
HoN	4.18	4.43	4.68	4.43	4.59	4.18	4.25	4.98	5.11	4.59	4.50	5.87
ErN	3.90	4.03	4.35	4.09	4.15	3.82	3.96	4.62	4.72	4.22	4.12	5.38
TmN	4.13	4.22	4.54	4.29	4.26	4.04	4.17	4.76	4.92	4.40	4.33	5.58
YbN	4.09	4.19	4.49	4.21	4.25	4.00	4.07	4.75	4.90	4.34	4.31	5.56
LuN	1.20	1.13	1.07	1.08	1.03	1.09	0.92	1.02	1.03	1.08	1.08	1.00
Eu/Eu*	4.30	4.21	4.08	4.00	7.60	5.35	4.96	4.93	5.24	4.81	4.81	5.15
LaN/YbN	2.59	2.38	2.39	2.40	3.42	2.96	2.91	2.88	2.98	2.85	2.85	2.90
LaN/SmN	3.46	3.52	3.42	3.37	6.04	4.26	3.96	3.97	4.15	3.88	3.89	4.15
CeN/YbN	2.08	1.99	2.01	2.02	2.71	2.36	2.32	2.32	2.36	2.30	2.30	2.34
CeN/SmN	1.73	1.74	1.58	1.56	1.92	1.67	1.36	1.51	1.54	1.56	1.56	1.51
EuN/YbN	GdN/YbN	1.34	1.26	1.26	1.56	1.31	1.27	1.28	1.27	1.25	1.24	1.28
GdN/YbN	SmN/YbN	1.77	1.70	1.66	2.23	1.80	1.71	1.71	1.76	1.68	1.69	1.77
SmN/YbN	1.03	1.03	0.97	0.98	2.00	2.68	3.14	2.82	3.08	3.11	3.03	2.96
La/Nb	0.36	0.03	0.03	0.03	0.15	0.07	0.16	0.70	0.07	0.04	0.14	0.75
La/Ba	0.48	0.46	0.46	0.46	0.49	0.49	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.48
La/Ce	8.60	8.22	8.28	8.34	11.19	9.73	9.58	9.58	9.74	9.50	9.49	9.65
Ce/Sm												
Mg#												

Unidade	Complexo Nemba								
Amostras	NE25	NE26	NE27	NE30	NE31	NE32	NE33	NE34	NE35
Autor	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018	Djama <i>et al.</i> 2018
Elementos Maiores %									
SiO2	49.95	42.11	48.11	51.12	40.25	51.31	45.71	52.68	41.86
Al2O3	15.87	15.20	14.24	15.63	18.19	15.30	14.07	14.73	14.99
Fe2O3	9.76	16.56	13.73	9.98	13.85	9.91	17.14	11.50	18.19

FeO									
FeOt*	8.78	14.90	12.35	8.98	12.46	8.92	15.42	10.35	16.37
MnO	0.14	0.22	0.21	0.16	0.19	0.15	0.24	0.19	0.26
MgO	6.60	3.26	6.44	5.72	2.66	5.22	5.99	6.11	6.10
CaO	9.56	16.28	11.15	8.91	20.02	11.12	9.69	7.30	11.36
Na2O	4.00	0.64	1.90	4.44	0.31	3.79	2.87	3.40	2.38
K2O	0.14	0.19	0.33	0.58	0.08	0.16	0.40	1.64	0.41
TiO2	0.81	2.10	1.24	1.07	0.88	1.05	2.26	0.93	2.49
P2O5	<5	0.39	<5	<5	<5	<5	0.33	<5	0.27
Cr2O3									
LOI	2.35	2.05	1.29	1.02	2.28	1.03	0.57	1.01	0.73
TOTAL	99.19	98.98	98.63	98.62	98.17	99.04	99.26	99.48	99.02
Elementos-traço ppm									
Mn									
Mg									
Fe									
Cr	94.30	87.20	77.30	118.00	114.00	139.00	78.40	53.30	84.30
Ni	332.00	324.00	186.00	451.00	538.00	239.00	98.60	63.20	97.10
Co	53.50	39.40	51.40	44.80	19.00	39.30	55.40	47.00	58.30
V	217.00	360.00	295.00	207.00	265.00	197.00	362.00	236.00	395.00
Zr	74.90	205.00	102.00	70.60	59.60	67.00	217.00	115.00	243.00
Sc	38.34	42.48	40.74	31.78	26.45	31.34	43.52	37.00	47.48
Y	17.40	39.90	22.10	18.70	16.40	17.40	35.70	23.00	42.80
Rb	1.06	0.82	4.81	16.00	0.89	1.43	3.03	51.50	3.74
Sr	240.00	756.00	230.00	226.00	1150.00	384.00	163.00	150.00	304.00
Nb	3.38	12.50	5.43	4.44	3.55	4.13	12.80	5.21	13.40
Lu	0.28	0.64	0.34	0.29	0.24	0.25	0.56	0.35	0.63
Ba	49.40	14.30	130.00	336.00	23.30	37.30	43.70	741.00	55.90
Ga	16.10	31.20	21.10	17.40	35.40	15.80	21.80	19.80	25.50
Hf	1.86	5.10	2.54	1.85	1.55	1.78	5.21	3.18	5.77

Ta	0.21	0.82	0.34	0.31	0.23	0.28	0.75	0.44	0.84
Th	0.61	2.67	1.34	0.65	0.45	0.50	3.06	5.47	3.31
U	0.11	0.51	0.19	0.15	0.11	0.11	0.48	1.15	0.58
Cu	6.80	1408.00	184.00	18.10	217.00	36.20	127.00	110.00	148.00
Pb	4.03	12.10	3.78	3.97	14.70	5.01	3.10	4.80	5.45
Zn	72.10	87.10	106.00	71.80	30.40	58.60	154.00	107.00	160.00
Elementos Terras Raras - ETR ppm									
La	9.75	29.60	13.90	11.20	11.40	11.40	25.10	20.80	33.40
Ce	21.50	61.20	29.50	25.30	25.10	26.50	55.90	43.10	70.40
Pr	2.64	7.28	3.59	3.24	3.17	3.41	6.64	4.81	8.24
Nd	11.40	30.40	15.40	14.30	14.00	15.00	27.20	18.80	33.90
Sm	2.70	7.00	3.64	3.39	3.18	3.46	6.12	4.08	7.56
Eu	0.95	2.22	1.26	1.56	1.58	1.38	1.67	1.23	2.16
Gd	2.72	6.74	3.65	3.25	2.98	3.14	6.06	3.98	7.27
Tb	0.47	1.12	0.61	0.53	0.47	0.51	1.01	0.65	1.19
Dy	3.07	7.26	3.92	3.35	2.88	3.19	6.56	4.18	7.58
Ho	0.68	1.57	0.84	0.72	0.63	0.67	1.40	0.90	1.62
Er	1.87	4.26	2.29	1.94	1.67	1.77	3.80	2.46	4.41
Elementos maiores %									
Tm	0.27	0.60	0.33	0.27	0.23	0.25	0.53	0.35	0.62
Yb	1.82	4.15	2.21	1.85	1.55	1.62	3.63	2.36	4.16
Yb	60.11	164.04	81.47	71.18	69.08	72.54	146.19	108.05	183.14
Total ETR	15.05	45.68	21.45	17.28	17.59	17.59	38.73	32.10	51.54
LaN	12.84	36.54	17.61	15.10	14.99	15.82	33.37	25.73	42.03
CeN	10.39	28.66	14.13	12.76	12.48	13.43	26.14	18.94	32.44
PrN	9.12	24.32	12.32	11.44	11.20	12.00	21.76	15.04	27.12
NdN									
PmN	6.65	17.24	8.97	8.35	7.83	8.52	15.07	10.05	18.62
SmN	6.15	14.42	8.18	10.13	10.26	8.96	10.84	7.99	14.03
EuN	5.00	12.39	6.71	5.97	5.48	5.77	11.14	7.32	13.36

GdN	4.71	11.31	6.11	5.34	4.76	5.12	10.20	6.61	12.02
TbN	4.55	10.77	5.82	4.97	4.27	4.73	9.73	6.20	11.25
DyN	4.57	10.54	5.65	4.81	4.20	4.50	9.40	6.01	10.87
HoN	4.27	9.73	5.23	4.43	3.81	4.04	8.68	5.62	10.07
ErN	3.91	8.85	4.81	4.01	3.43	3.60	7.85	5.10	9.12
TmN	4.13	9.41	5.01	4.20	3.51	3.67	8.23	5.35	9.43
YbN	4.15	9.44	5.00	4.19	3.54	3.69	8.25	5.21	9.29
LuN	1.07	0.99	1.05	1.43	1.57	1.28	0.84	0.93	0.89
Eu/Eu*	3.65	4.85	4.28	4.12	5.01	4.79	4.71	6.00	5.46
LaN/YbN	2.26	2.65	2.39	2.07	2.25	2.06	2.57	3.19	2.77
LaN/SmN	3.11	3.88	3.51	3.60	4.26	4.31	4.05	4.81	4.46
CeN/YbN	1.93	2.12	1.96	1.81	1.91	1.86	2.21	2.56	2.26
CeN/SmN	1.49	1.53	1.63	2.41	2.92	2.44	1.32	1.49	1.49
EuN/YbN	1.21	1.32	1.34	1.42	1.56	1.57	1.35	1.37	1.42
GdN/YbN	1.61	1.83	1.79	1.99	2.23	2.32	1.83	1.88	1.97
SmN/YbN	2.88	2.37	2.56	2.52	3.21	2.76	1.96	3.99	2.49
La/Nb	0.20	2.07	0.11	0.03	0.49	0.31	0.57	0.03	0.60
La/Ba	0.45	0.48	0.47	0.44	0.45	0.43	0.45	0.48	0.47
La/Ce	7.96	8.74	8.10	7.46	7.89	7.66	9.13	10.56	9.31
Ce/Sm									
Mg#									

Tabela 12. Análises químicas do Complexo Mayumba. Elementos maiores (% de óxidos), elementos menores, traço e ETR (ppm) e normativos CIPW (%).

Unidade	Complexo Mayumba					
Amostras	MAY0024	MAY0025	MAY0031	MAY033C	MAY0980	MAY0033A
Autor	Thiéblemont <i>et al.</i> 2008	Thiéblemont <i>et al.</i> 2009	Thiéblemont <i>et al.</i> 2010	Thiéblemont <i>et al.</i> 2011	Thiéblemont <i>et al.</i> 2012	Thiéblemont <i>et al.</i> 2013
Elementos Maiores %						
SiO ₂	50.10	45.80	43.90	45.20	47.67	48.90
Al ₂ O ₃	14.40	12.90	10.20	13.90	17.59	18.80
Fe ₂ O ₃	9.20	16.20	19.20	14.40	7.66	7.50

FeO						
FeOt*	8.28	14.58	17.28	12.96	6.89	6.75
MnO	0.17	0.23	0.26	0.22	0.13	0.13
MgO	9.20	13.10	9.00	6.40	7.70	4.50
CaO	14.60	10.50	12.00	11.80	12.62	13.00
Na2O	1.80	1.60	1.20	2.50	2.37	2.80
K2O	0.09	0.08	0.12	0.09	0.13	0.34
TiO2	0.70	0.96	2.98	4.50	0.47	0.98
P2O5				0.10	0.02	0.31
Cr2O3						
LOI	0.22	<0.1	1.34	1.19	0.48	1.81
TOTAL	100.68	101.37	100.20	100.30	96.85	99.07
Elementos-traço ppm						
Mn						
Mg						
Fe						
Cr	191.00	541.00	76.00	20.00	253.00	12.00
Ni	143.00	299.00	127.00		120.00	5.20
Co	46.90	98.10	72.50	31.00	42.30	17.80
V						
Zr	17.00	7.00	18.00	38.00	13.00	50.00
Sc	46.30	30.50	56.20		30.60	29.60
Y						
Rb	0.44	2.20	1.50	1.00	1.30	3.80
Sr	211.00	196.00	173.00	159.00	265.00	366.00
Nb						
Lu						
Ba	51.40	44.10	89.00	34.00	52.00	282.00
Ga						
Hf	0.62	0.37	0.99	1.50	0.53	1.30

Ta	0.02	0.03	0.19	0.40	0.07	0.19
Th	0.04	0.03	0.08	0.40	0.10	0.50
U		0.02		0.10	0.03	0.12
Cu						
Pb						
Zn	60.00	96.00	118.00	65.00	58.00	41.00
Elementos Terras Raras - ETR ppm						
La	1.65	1.18	2.89	5.00	1.40	13.55
Ce	3.90	2.84	5.40	12.00	4.00	21.50
Pr						
Nd	4.90	3.00	7.60	8.40	3.50	23.50
Sm	1.62	1.00	2.39	2.60	1.04	7.00
Eu	0.79	0.53	1.07	1.30	0.66	3.27
Gd						
Tb	0.35	0.21	0.50	0.60	0.21	1.16
Dy						
Ho						
Er						
Elementos maiores %						
Tm	1.20	0.80	1.79	1.70	0.77	3.25
Yb	14.41	9.56	21.64	31.60	11.58	73.23
Total ETR	2.55	1.82	4.46	7.72	2.16	20.91
LaN	2.33	1.70	3.22	7.16	2.39	12.84
CeN						
PrN	3.92	2.40	6.08	6.72	2.80	18.80
NdN						
PmN	3.99	2.46	5.89	6.40	2.56	17.24
SmN	5.13	3.44	6.95	8.44	4.29	21.23
EuN						
GdN	3.51	2.15	5.08	6.06	2.14	11.68

TbN						
DyN						
HoN						
ErN						
TmN	2.72	1.81	4.06	3.85	1.75	7.37
YbN						
LuN						
Eu/Eu*	0.94	1.00	1.10	2.00	1.24	2.84
LaN/YbN	0.64	0.74	0.76	1.20	0.84	1.21
LaN/SmN	0.86	0.93	0.79	1.86	1.37	1.74
CeN/YbN	0.58	0.69	0.55	1.12	0.93	0.74
CeN/SmN	1.89	1.90	1.71	2.19	2.45	2.88
EuN/YbN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GdN/YbN	1.47	1.36	1.45	1.66	1.46	2.34
SmN/YbN						
La/Nb	0.03	0.03	0.03	0.15	0.03	0.05
La/Ba	0.42	0.42	0.54	0.42	0.35	0.63
La/Ce	2.41	2.84	2.26	4.62	3.85	3.07
Ce/Sm						
Mg#						
