Correlações entre suítes magmáticas alcalinas orosirianas pós-colisionais da Bahia e de Minas Gerais: fragmentos de uma província alcalina?

Correlations between post-collisional Orosirian alkaline igneous suites from Bahia and Minas Gerais: fragments of an alkaline province?

Alexandre de Oliveira Chaves

Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

Resumo: A começar pela idade, há inúmeras semelhanças entre as suítes magmáticas alcalinas Lagoa Real sódica (1,90 Ga, Bahia) e Gouveana potássica (1,95 Ga, Minas Gerais). Ambas apresentam desde lamprófiros e monzonitos até sienitos e quartzo-sienitos metaluminosos, pertencentes à série magmática alcalina saturada em sílica. Sugere-se que a fusão parcial do manto litosférico, que havia sido metassomatizado por fluidos derivados de uma placa subductada antes da colisão, teria inicialmente gerado um magma lamprofírico. A cristalização fracionada deste magma teria levado ao surgimento de magmas monzoníticos que, por sua vez, evoluíram para os sieníticos e quartzo-sieníticos. Ambas suítes alcalinas fazem parte de um domínio estrutural alinhado na direção N-S, com mais de 1.000 km de comprimento, dentro do qual ocorrem outras associações alcalinas, como a sienítica de 2,0 Ga na borda sul do Cráton São Francisco (Minas Gerais), o batólito Guanambi (2,05 Ga, Bahia) e seus termos lamprofíricos, monzoníticos e sieníticos, de gênese associada à dos lamprófiros e sienitos da Suíte Paciência (norte de Minas Gerais) e, ainda, o complexo sienítico-lamprofírico-carbonatítico Angico dos Dias de 2,0 Ga (norte da Bahia). Aparentemente, todas estas associações representam os fragmentos de uma província alcalina orosiriana pós-colisional Minas-Bahia, de idade entre 1,90 e 2,05 Ga.

Palavras-chave: Suíte alcalina. Província alcalina. Orosiriano. Pós-colisional. Cráton São Francisco.

Abstract: Starting from age, there are many similarities between 1.90 Ga sodic Lagoa Real (Bahia) and 1.95 Ga potassic Gouveana (Minas Gerais) alkaline igneous suites. Both have lithotypes ranging from lamprophyres and monzonites to syenites and quartz-syenites, all of them belonging to the silica-saturated alkaline series. It is suggested that the partial melting of lithospheric mantle, which had been metasomatized by fluids from a subducted slab before the collision, would had generated a lamprophyric magma. The fractional crystallization of such magma would led to the appearance of monzonitic magmas, which in turn evolved to syenitic and quartz-syenitic ones. Both alkaline suites are inside N-S trending structural domain, with more than 1,000 km in length, in which occur several alkaline associations such as the 2.0 Ga syenitic suite at the southern edge of the São Francisco Craton (Minas Gerais), the Guanambi batolith (2.05 Ga, Bahia) and its lamprophyric, monzonitic, and syenitic terms, with genesis associated to the Paciência suite (Minas Gerais), and also the 2.0 Ga Angico dos Dias syenitic-carbonatitic-lamprophyric complex (Bahia). Apparently, all these associations represent the fragments of a 1,90 to 2,05 Ga Minas-Bahia Orosirian post-collisional alkaline province.

Keywords: Alkaline suite. Alkaline province. Orosirian. Post-collisional. São Francisco Craton.

CHAVES, A. O., 2016. Correlações entre suítes magmáticas alcalinas orosirianas pós-colisionais da Bahia e de Minas Gerais: fragmentos de uma província alcalina? **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 10(2): 179-197.
Autor para correspondência: Alexandre de Oliveira Chaves. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Geologia. Av. Antônio Carlos, 6627. Belo Horizonte, MG, Brasil. CEP 31270-901 (alochaves@yahoo.com.br).
Recebido em 26/08/2015
Aprovado em 23/03/2016
Responsabilidade editorial: Mário Augusto G. Jardim

INTRODUÇÃO

Logo após o soerguimento crustal promovido por um evento de colisão continente-continente, regimes tectônicos extensionais a transcorrentes são induzidos pelo colapso gravitacional da crosta ora espessada, os quais são localmente acompanhados pela colocação de volumosas e contrastantes suites ígneas. Segundo Bonin (2004), duas distintas e sucessivas associações ígneas podem ser evidenciadas neste contexto tectônico pós-colisional: (I) a mais precoce apresenta rochas peraluminosas com silicatos ricos em Al-Fe-Mg ocorrendo ao lado de suítes máfico-félsicas metaluminosas, que variam de cálcio-alcalinas médio para alto-K até alcalinas saturadas em sílica ultrapotássicas. Nesta associação, há duas fontes contrastantes. Granitoides e vulcânicas peraluminosas originam-se por fusão incongruente, decorrente da desidratação de muscovita e biotita da crosta continental. As suítes cálcio-alcalinas de médio a alto-K são originárias de uma fonte de anfibólio-espinélio peridotito (manto litosférico) metassomatisado. As rochas alcalinas saturadas em sílica ultrapotássicas derivam da fusão parcial (envolvendo flogopita) de um manto superior litosférico com granada, metassomatisado por material subductado. Magmas derivados do manto colocados dentro da crosta inferior fornecem o calor suficiente para causar anatexia e podem, eventualmente, ser misturados com os líquidos crustais; (II) a segunda, mais jovem, é responsável pela produção de magmas mais sódicos. As suítes ígneas, compreendendo rochas máficas e félsicas, variam de metaluminosas álcali-cálcicas até alcalinas e peralcalinas. Elas derivam de fonte mantélica e evoluem progressivamente para termos anorogênicos intraplaca mais marcadamente alcalinos, havendo processos de contaminação crustal em pequena escala.

Nos estados da Bahia e de Minas Gerais, eventos riaciano/orosirianos de colisão de segmentos continentais guardam seus registros tanto na porção sul quanto no setor centro-oriental do Cráton São Francisco (CSF) (Alkmim & Marshak, 1998; Barbosa & Sabaté, 2004). No que se refere às associações ígneas orosirianas pós-colisionais de tendência alcalina, Jordt-Evangelista *et al*. (2000) descrevem magmatismo sienítico de 2,0 Ga na borda sul do CSF em Minas Gerais, e Conceição (1993) documenta a existência de diversos sienitos alcalinos metaluminosos potássicos pós-colisionais de mesma idade no CSF na Bahia, entre os quais destaca-se o batólito Guanambi (2,05 Ga, Rosa *et al*., 2000), de gênese possivelmente associada à dos sienitos alcalinos da Suíte Paciência, do norte de Minas Gerais (Knauer *et al*., 2007). Também com 2,0 Ga, no norte da Bahia, aflora o complexo sienítico-carbonatítico Angico dos Dias, com lamprófiros e peridotitos associados (Silva *et al*., 1988).

O objetivo do presente artigo é correlacionar dados petrográficos e litoquímicos de duas suítes magmáticas alcalinas saturadas em sílica orosirianas pós-colisionais do CSF, uma delas sódica, encontrada na Bahia e denominada Lagoa Real, e a outra potássica, aflorante em Minas Gerais e chamada Gouveana, descritas respectivamente por Chaves (2013) e Chaves *et al*. (2014). Tal correlação pretende dar suporte às discussões aqui apresentadas sobre a petrologia associada à geodinâmica de posicionamento destas suítes, em um contexto geológico regional baiano/mineiro mais amplo, dentro do qual as associações alcalinas pós-colisionais orosirianas mencionadas no parágrafo anterior também aparentemente se inserem.

ARCABOUÇO GEOLÓGICO-GEOCRONOLÓGICO

O Cráton São Francisco (CSF), localizado na porção centro-oriental da Plataforma Sul-Americana (Figura 1A), compreende segmentos crustais arqueanos e paleoproterozoicos (Almeida, 1977; Alkmim, 2004). Sua crosta primitiva foi edificada por meio de vários processos orogenéticos, com destaque para a geração de associações granito-*greenstone* e terrenos metamórficos de médio a alto grau (Barbosa & Sabaté, 2004). De acordo com o acervo de dados U-Pb, Sm-Nd e Rb-Sr, o éon Arqueano está registrado no CSF em domínios crustais distintos de idades de 3,6 a 3,2 Ga, com *greenstone belts* (3,3 – 2,8 Ga) e rochas granitoides de composição tonalito-trondhjemito-granodiorito (TTG) com idades entre 3,2 e 2,8 Ga (Teixeira *et al*., 2010).

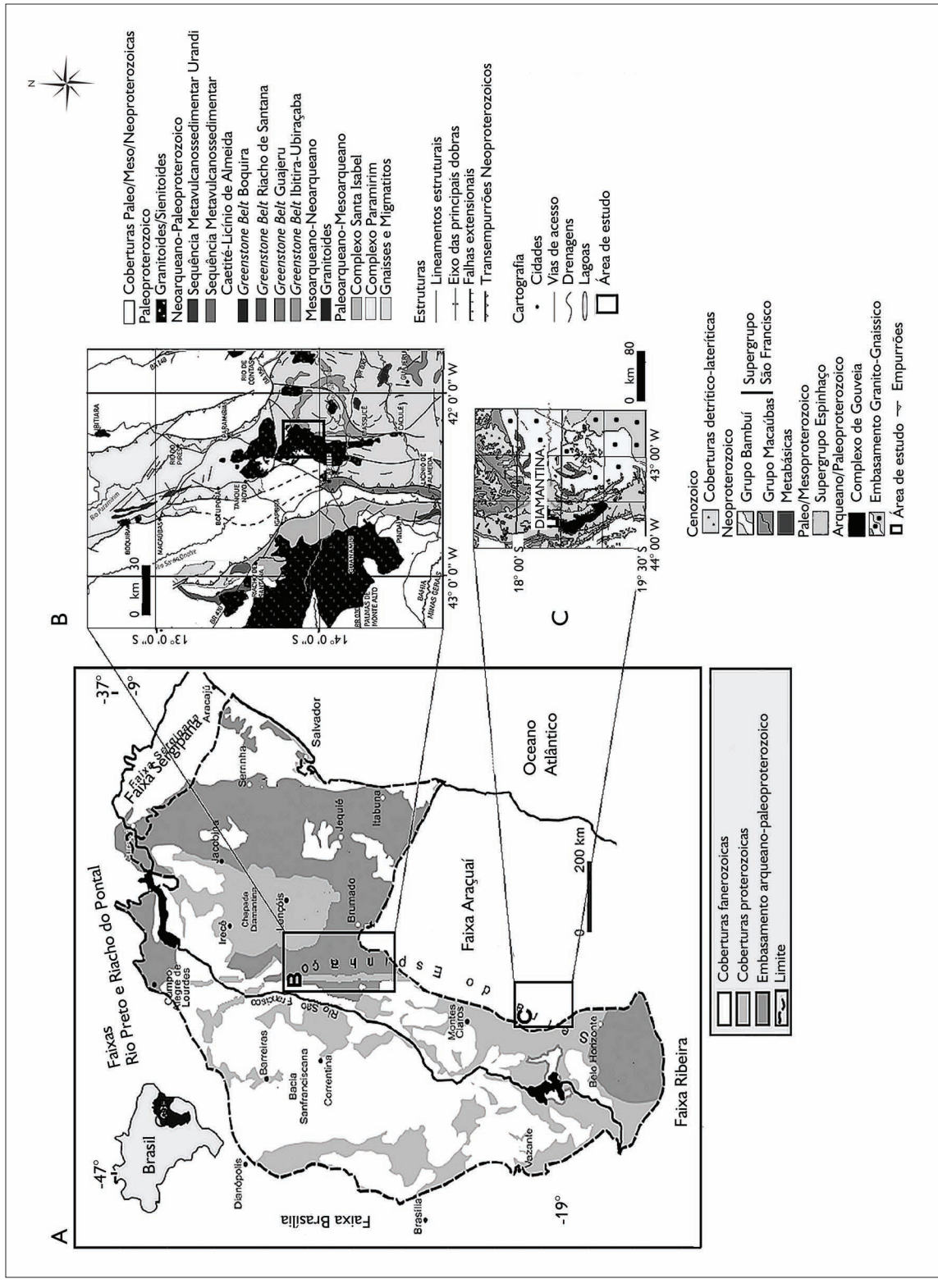

Figura 1. A) Cráton São Francisco; B) arcabouço geológico regional, modificado de Barbosa *et al.* (2013), do entorno da suíte alcalina sódica Lagoa Real (detalhes da área da suíte na Figura 2); C) arcabouço geológico regional, modificado de Grossi-Sad *et al.* (1997), do entorno da suíte alcalina potássica Gouveana (detalhes da área da suíte na Figura 3).

Durante o Paleoproterozoico, processos acrescionários e colisionais edificaram a crosta continental do paleocontinente São Francisco. Esses processos foram marcados não só pelo desenvolvimento de arcos magmáticos, com produtos vulcano-plutônicos de idades entre 2,3 e 1,9 Ga, como também pela geração de *greenstone belts*. Em consequência, estabeleceu-se uma arquitetura de blocos arqueanos circundados por cinturões móveis paleoproterozoicos (Alkmim, 2004; Barbosa & Sabaté, 2004; Brito Neves, 2011). Em suma, os eventos que construíram a crosta continental do CSF foram de natureza policíclica e abrangeram o Arqueano e o Paleoproterozoico.

A suíte alcalina sódica saturada em sílica orosiriana aqui exposta encontra-se inserida no Bloco Gavião/Corredor do Paramirim, no setor centro-sul da Bahia (Figuras 1B e 2). Esse bloco é composto por rochas de afinidade TTG metamorfizadas em diferentes graus, com idades de até 3,4 Ga (Martin *et al*., 1991). O embasamento arqueano encontra-se migmatizado e gnaissificado com relíquias de granulitos, enquanto os granitos paleoproterozoicos são de caráter sin- e pós-tectônicos, com idades entre 2,2 e 1,9 Ga. No Bloco Gavião, há ainda *greenstone belts* (*e.g*., Ibitira-Ubiraçaba, Guajeru) e sequências vulcanossedimentares (*e.g*. Caetité-Licínio de Almeida, Urandi), todos metamorfizados e com idades arqueanas a paleoproterozoicas (Barbosa *et al*., 2012). Rochas metassedimentares de natureza detrítica e química, associadas à evolução do rifte Espinhaço, desenvolvido em três estágios temporais, 1,73, 1,57 e 0,85 Ga (Alkmim & Martins-Neto, 2012), também aparecem nesta região. Esse rifte possui uma evolução extensional intracratônica com vulcanismo e plutonismo anorogênico (*e.g*. Complexo Lagoa Real, 1725 Ma – Turpin *et al*., 1988). Registre-se ainda que as rochas sieníticas, monzoníticas e lamprofíricas do robusto batólito Guanambi (2,05 Ga, pertencente ao cinturão móvel Urandi-Guanambi, Conceição, 1993) na porção ocidental da Figura 1B (Rosa *et al.*, 2000) aparentemente foram rejuvenescidas no Cambriano, conforme registro K/Ar de 527 Ma (Távora *et al*., 1967). Essa idade reflete a deformação intracratônica relacionada ao evento tectonotermal brasiliano, que afetou o Bloco Gavião e o Corredor do Paramirim (Alkmim, 2004) durante a amalgamação do Gondwana.

Na geologia local apresentada na Figura 2, encontram-se gnaisses migmatíticos e rochas meta-vulcanossedimentares do tipo *greenstone belt* arqueanos do Bloco Gavião. Os termos magmáticos da suíte alcalina sódica, denominada suíte Lagoa Real, aparecem indiscriminados nesta Figura 2 e são compostos por lamprófiros melanocráticos, monzonitos, sienitos e quartzo-sienitos meso/leucocráticos, todos eles deformados e metamorfizados ao longo de zonas de cisalhamento transcorrentes, formadas pela reativação extensional dos transempurrões sinistrais colisionais prévios de alto ângulo. Justamente nas porções transtensionais destas transcorrências, os respectivos magmas cristalizaram (Chaves, 2013). Eles ocorrem juntos, como corpos lenticulares e diques subverticalizados no interior de um microclina gnaisse datado em 2,0 Ga (U-Pb em zircão; Chaves, 2013). A idade U-Pb em zircões dos (meta)sienitos uraníferos é de 1,9 Ga (Chaves, 2013), idade correspondente à fase pós-colisional orosiriana local do cinturão Urandi-Guanambi. Granitos anorogênicos, denominados genericamente de Granito São Timóteo (1,72 Ga; Turpin *et al*., 1988), compõem a geologia do chamado Complexo Lagoa Real, apresentado na Figura 2, e mostram-se parcialmente foliados em função da imposição metamórfico-deformacional brasiliana, que também afetou os demais litotipos deste complexo.

Já a suíte alcalina potássica saturada em sílica orosiriana, denominada Suíte Gouveana (Chaves *et al*., 2014), encontra-se na chamada depressão de Gouveia, uma janela estrutural do embasamento cristalino embutida na Serra do Espinhaço Meridional (Figuras 1C e 3), em Minas Gerais. Em termos geotectônicos, essa janela integra a Faixa de Dobramentos Araçuaí, que margeia o Cráton São Francisco a leste. A Orogenia Araçuaí desenvolveu-se durante o Ciclo Brasiliano, entre 630 e 490 Ma (*e.g*. Uhlein, 1991; Pedrosa-Soares *et al*., 2001), gerando na Serra do Espinhaço grandes dobramentos de eixos norte-sul, com

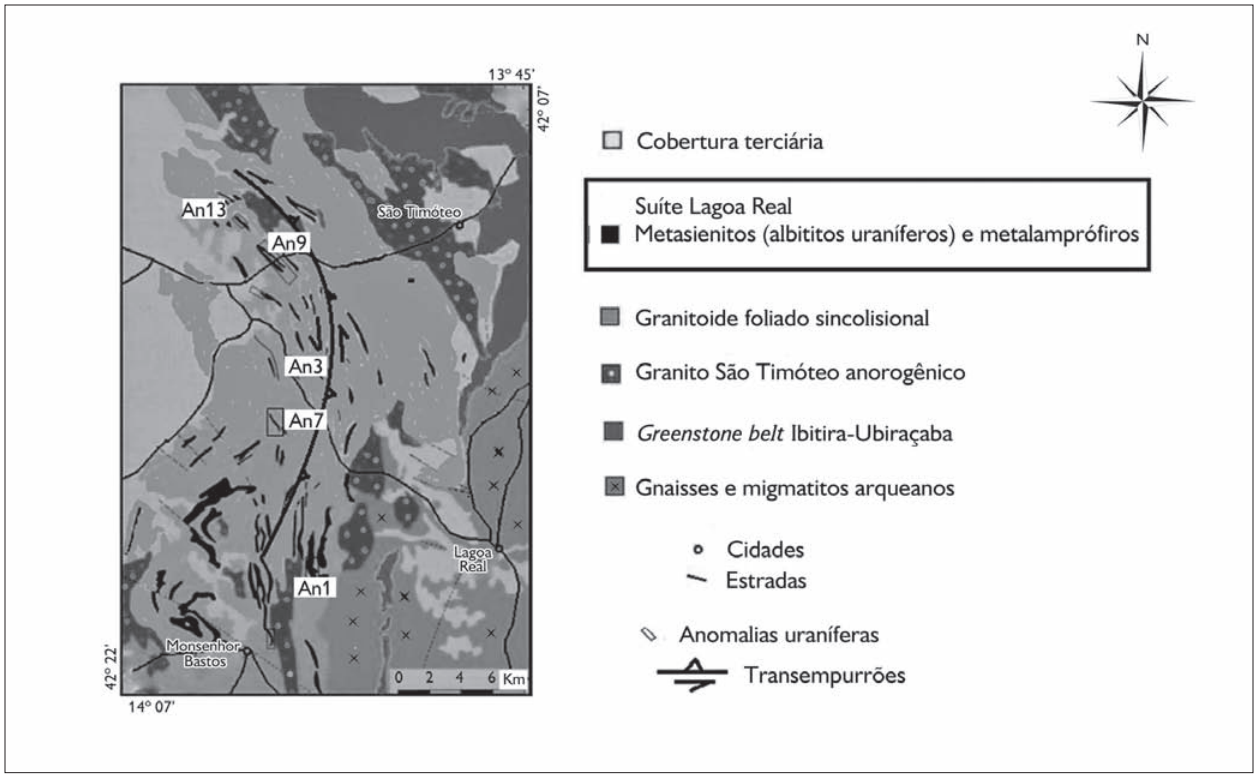

Figura 2. Aspectos da geologia local na qual a suíte alcalina sódica orosiriana (suíte Lagoa Real) encontra-se inserida (modificado de Chaves, 2013). Seus termos lamprofíricos, monzoníticos e sieníticos são foliados e estão aqui apresentados de modo indiscriminado.

assimetria em direção ao cráton e foliações plano-axiais referentes a tais dobramentos, com mergulhos altos para leste. Rochas da infraestrutura ocorrem na porção central serrana (região de Gouveia) e na margem leste da mesma (Figuras 1C e 3). Gnaisses migmatíticos do Complexo de Gouveia (Hoffmann, 1983) apresentam idade de 2839 ± 14 Ma, tendo sofrido anatexia no período Orosiriano há 1844 ± 15 Ma (U-Pb em zircão, Machado *et al*., 1989). Esta anatexia gerou um grande volume de granitoides peraluminosos a duas micas com granada neste complexo, muitas vezes porfiríticos, com cristais centimétricos de feldspato potássico (Chaves & Coelho, 2013). Tais rochas apresentam-se localmente deformadas, com texturas que variam de protomiloníticas a ultramiloníticas. Hoffmann (1983) definiu ainda uma sequência de quartzo-muscovita filitos e xistos, que gradam a quartzitos micáceos, interposta entre o Complexo de Gouveia e o Supergrupo Espinhaço, denominando-a de Grupo Costa Sena. Segundo Machado *et al*. (1989), zircões de metavulcânicas desse grupo apresentaram idade U-Pb de cristalização de 2,05 Ga. Ainda nos arredores de Gouveia, encontram-se rochas traquiandesíticas de provável idade Grenvilleana (Chaves *et al*., 2015) e rochas básicas metamorfizadas de 0,9 Ga (Machado *et al*., 1989).

Análises estruturais desenvolvidas na região (Dussin *et al*., 1992; Alkmim, 1995) mostraram que a faixa de dobramentos e cavalgamentos no Espinhaço Meridional representa uma culminação antiformal, com vergência tectônica para oeste e idades de deformação principalmente neoproterozoicas. Entretanto, Cruz *et al*. (2005) afirmam que a deformação no embasamento de Gouveia ocorreu por meio da nucleação de zonas de cisalhamento dúctil-rúpteis. Tais zonas são constituídas por uma associação de rochas miloníticas e filoníticas

com mergulhos subverticais, diferentemente da sua continuação na cobertura (Figura 3). Indicadores cinemáticos de vários tipos revelam duas fases principais de deformação: a primeira, com cinemática transcorrente sinistral e componente reverso, com eventuais falhas normais associadas, foi responsável pela nucleação das zonas de cisalhamento; a segunda possui vergência para oeste e desenvolveu-se por meio da reativação das zonas anteriormente nucleadas.

Geneticamente inter-relacionados em uma série magmática alcalina potássica saturada em sílica, ocorrem lamprófiros, monzonitos, sienitos e quartzo-sienitos da chamada Suíte Gouveana, em uma exposição de cerca de 1 km^2, que se alonga na direção N-S, no interior de gnaisses migmatíticos arqueanos do Complexo de Gouveia, junto à cidade homônima (Figura 3). O núcleo de titanitas dos monzonitos desta suíte apresenta idade orosiriana de 1,95 Ga (Chaves *et al*., 2015). Estas rochas mostram-se ligeiramente foliadas e aparentam ter intrusão associada ao desenvolvimento transtensional de zonas de cisalhamento subverticais locais, já que se encontram embutidas nos gnaisses do Complexo de Gouveia, os quais eventualmente mostram milonitização verticalizada com orientação preferencial N-S.

PETROGRAFIA

Os litotipos da suíte sódica Lagoa Real (Bahia) apresentam-se como desde melanocráticos até leucocráticos, e seus aspectos mineralógico/texturais são a seguir revisitados a partir das descrições de Chaves (2013).

METALAMPRÓFIROS MELANOCRÁTICOS DO TIPO SPESSARTITO/KERSANTITO

Foliados e aflorantes na forma de lentes métricas no interior dos sienitos, descritos mais adiante, macroscopicamente são rochas holocristalinas de granulação fina, apresentando

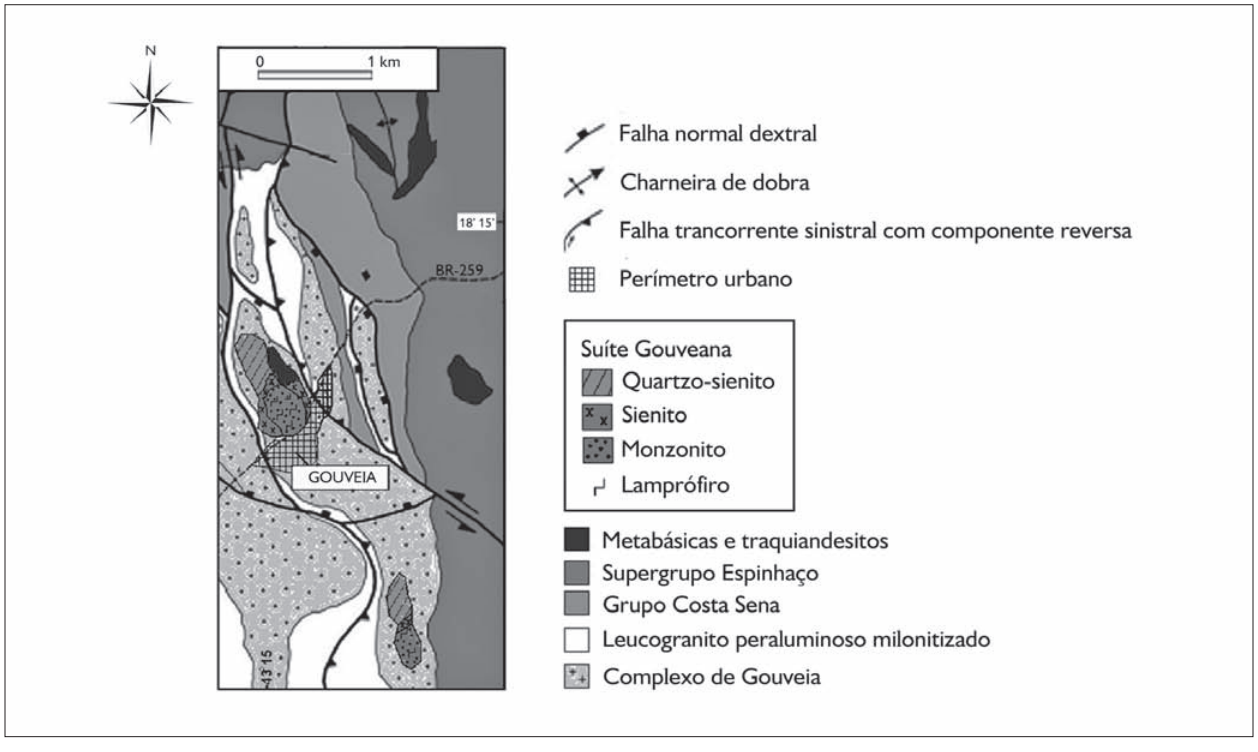

Figura 3. Arcabouço geológico da região de Gouveia, Minas Gerais, onde estão situados os litotipos da suíte Gouveana alcalina potássica orosiriana (modificado de Chaves *et al*., 2015).

predominância de flogopita e anfibólio. A flogopita às vezes aparece como porfiroclastos de tamanho máximo de 5 mm, que marcam a textura porfirítica original da rocha. Observam-se cristais de feldspato intersticiais em relação aos minerais máficos, além de pequenos cristais de sulfetos disseminados. Microscopicamente, exibem uma textura nematolepidoblástica, com raros cristais de plagioclásio sódico (oligoclásio) em meio aos abundantes cristais de hornblenda pargasítica e de flogopita (Figura 4A). Raros cristais de anfibólio taramítico (rico em sódio) aparecem junto aos pargasíticos. Titanita e ilmenita somam cerca de 10% em volume da rocha e os acessórios são allanita-(Ce), zircão, calcita e flúor-apatita.

(MONZO)SIENITOS E QUARTZO-SIENITOS MESO/LEUCOCRÁTICOS METAMORFIZADOS

Com foliação metamórfica anisotrópica (às vezes guardando restos indeformados da fase magmática original), são rochas holocristalinas de granulação média com cristais de feldspato compondo a maior parte da moda, além de cristais prismáticos de piroxênio em substituição para granada, anfibólio e agregados de biotita. Ao microscópio, a anisotropia da foliação desta rocha pode ser visualizada nas Figuras 4B, 4C e 4D, que sucessivamente revelam uma progressão da deformação e metamorfismo. Existem porções da rocha que guardam a textura ígnea fanerítica original, com mineralogia composta por albita (às vezes antipertítica), augita e raros quartzo e microclina (Figura 4B). Outras porções misturam texturas ígneas e metamórficas (Figura 4C) e grande parte mostra textura exclusivamente granoblástica, com predomínio de albita recristalizada sobre os minerais máficos (Figura 4D). Os minerais acessórios das porções magmáticas incluem titanita uranífera amarronzada, allanita-(Ce), magnetita, flúor-apatita, zircão, calcita e fluorita. Nas porções recristalizadas pelo metamorfismo de facies anfibolito, a titanita é praticamente incolor, mas acompanhada de uraninita formada pelo urânio liberado pela titanita magmática. Além da albita e augita recristalizadas, outros minerais como a hastingsita e a andradita foram formados neste metamorfismo de alto grau. Durante a reativação tectônica brasiliana, com o metamorfismo de facies xisto verde surgiram ainda epidoto e alguma biotita, aos quais uma segunda geração de uraninita se associa (Chaves, 2013). Cabe mencionar que estudos anteriores (Maruejol, 1989; Lobato & Fyfe, 1990; Cruz, 2004) interpretaram os sienitos locais como metassomatitos sódicos (albititos).

Quanto aos litotipos da suíte potássica de Minas Gerais (suíte Gouveana), eles também apresentam-se desde melanocráticos, passando por termos mesocráticos até leucocráticos, descritos conforme o tópico a seguir, de acordo com Chaves *et al*. (2014).

LAMPRÓFIROS MELANOCRÁTICOS DO TIPO MINETTE/VOGESITO

Aflorando na forma de restitos lenticulares centimétricos a métricos no interior dos monzonitos descritos mais adiante, macroscopicamente são rochas holocristalinas de granulação fina a média, apresentando predominância de flogopita e anfibólio. A flogopita às vezes aparece como fenocristais de tamanho máximo de 5 mm, conferindo textura porfirítica à rocha. Observam-se cristais de feldspato intersticiais em relação aos minerais máficos, além de pequenos cristais de sulfetos disseminados. A rocha apresenta foliação metamórfica sutil. Em lâmina delgada (Figura 5A), este litotipo é inequigranular hipidiomórfico com os máficos anfibólio (hornblenda-magmática ou substituindo clinopiroxênio) e flogopita (muitas vezes sagenítica, com inclusões de agulhas de rutilo), representando cerca de 75% do volume. Os cristais de feldspato potássico (microclina) apresentam textura poiquilítica, englobando cristais de anfibólio. Cristais de plagioclásio são mais raros do que os de microclina e mostram alteração secundária. Ocorrem como minerais acessórios a apatita, a titanita, o rutilo, o zircão, a barita e os sulfetos. Os minerais secundários observados são a clorita, a sericita e o epidoto, marcando planos de foliação metamórfica discreta.

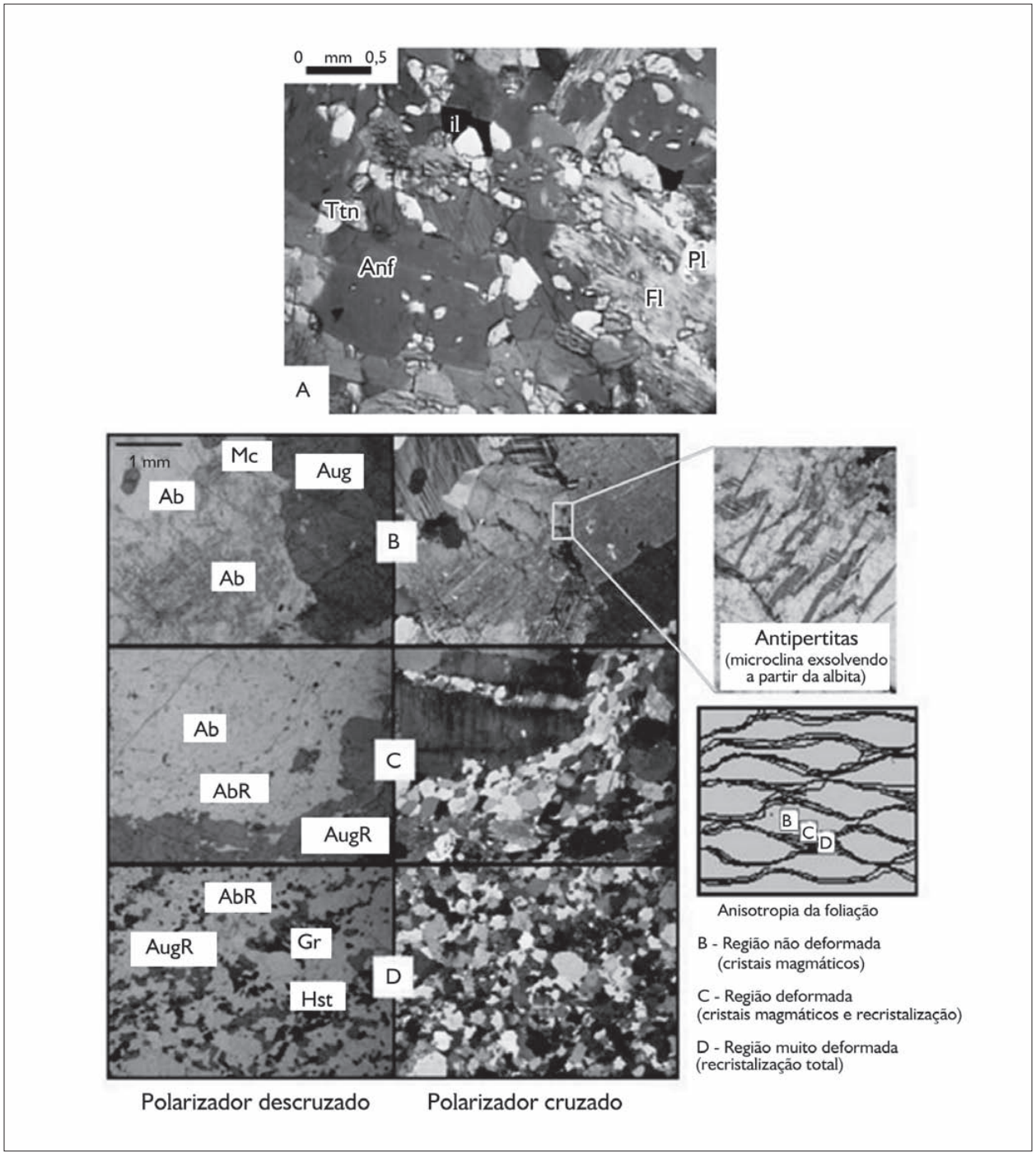

Figura 4. Fotomicrografias de litotipos da suíte sódica: A) metalamprófiro (polarizador descruzado); B, C e D) metasienito e sua foliação anisotrópica, mostrando respectivamente regiões não deformadas, deformadas e muito deformadas-recristalizadas da rocha (progressão da deformação e metamorfismo). Abreviações: Fl = flogopita, Anf = anfibólio pargasítico, Pl = plagioclásio, Ttn = titanita, Ab = albita, Mc = microclina, Aug = augita, AbR = albita recristalizada, AugR = augita recristalizada, Hst = hastingsita, Gr = granada andradita, il = ilmenita (Chaves, 2013).

MONZONITOS MELANOCRÁTICOS

Macroscopicamente, são rochas holocristalinas de granulação média, com predomínio de minerais máficos sobre os félsicos. A porção máfica é composta por prismas de anfibólio de, no máximo, 4 mm, que predominam em relação a agregados de biotita, enquanto a porção félsica é composta basicamente por cristais de feldspato. Ocorre titanita amarronzada como mineral acessório visível a olho nu, podendo chegar a 3 mm de comprimento. Vistos ao microscópio (Figura 5B), são litotipos equigranulares hipidiomórficos, nos quais os minerais máficos representam 60% do volume, havendo o predomínio da hornblenda sobre a biotita. Cristais de microclina englobam cristais de anfibólio e, eventualmente, cristais de plagioclásio, estes últimos quase sempre epidotizados. Os minerais acessórios são a titanita, a apatita, o zircão e eventuais opacos, sendo o quartzo ausente. Os minerais secundários são epidoto, clorita e sericita, marcando planos de foliação incipientes.

SIENITOS MESOCRÁTICOS

Com foliação metamórfica discreta, são rochas holocristalinas de granulação média com cristais de feldspato compondo a maior parte da moda, além de cristais prismáticos de hornblenda e agregados de biotita, sendo que ela predomina em relação ao anfibólio. Ao microscópio (Figura 5C), as rochas são equigranulares hipidiomórficas e os minerais máficos correspondem a 40% do volume, representados por cristais de anfibólio e por biotita cloritizada. Os cristais de microclina são os félsicos amplamente predominantes, havendo raros cristais de plagioclásio epidotizados. Representando menos de 5% do volume da rocha, algum quartzo com extinção ondulante pode ser notado. Os minerais acessórios são a apatita, a titanita, o zircão e eventuais opacos. Os minerais secundários são o epidoto, a clorita e a sericita.

QUARTZO-SIENITOS LEUCOCRÁTICOS

Em termos macroscópicos, são rochas de granulação média, compostas essencialmente por cristais cinzentos de feldspato e quartzo. Possuem foliação visível a olho nu, marcada por cristais de biotita. Em lâmina delgada (Figura 5D), as rochas são inequigranulares hipidiomórficas com cristais de K-feldspato (microclina) de até 5 mm, muitas vezes pertíticos. Os cristais de quartzo apresentam extinção ondulante e contatos poligonalizados. Biotita, levemente cloritizada, também representa um mineral primário essencial. Os cristais de plagioclásio são raros ou ausentes. Os minerais acessórios são a apatita, a titanita e o zircão. Os minerais secundários são o epidoto, a clorita e a sericita.

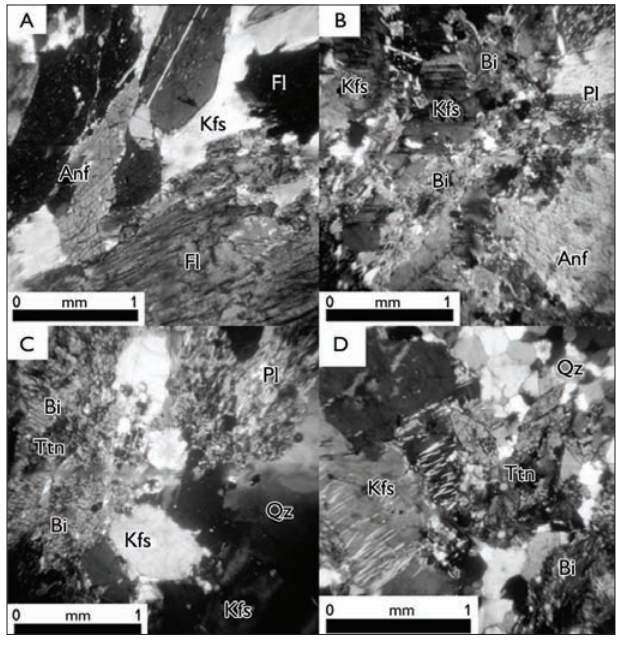

Figura 5. Fotomicrografias dos litotipos da suíte potássica sob polarizadores cruzados: A) lamprófiro minette melanocrático; B) monzonito melanocrático; C) sienito mesocrático; D) quartzo-sienito leucocrático. Abreviações: Kfs = feldspato potássico (microclina), Fl = flogopita, Anf = anfibólio (hornblenda), Pl = plagioclásio, Bi = biotita, Qz = quartzo, Ttn = titanita (Chaves *et al*., 2014).

Em termos gerais, as rochas potássicas descritas apresentam teor crescente de K-feldspato e biotita no lugar do anfibólio, à medida que os litotipos se tornam mais ricos em sílica e leucocráticos. A associação metamórfica epidoto + clorita + sericita caracteriza a influência do metamorfismo brasiliano de fácies xisto verde.

LITOQUÍMICA

Antes da exposição conjugada do tratamento dos dados litoquímicos extraídos de Chaves (2013) e Chaves *et al*. (2014), é importante destacar que, apesar de as rochas terem sido submetidas a variados graus/processos de metamorfismo, presume-se estarem mantidas as características geoquímicas dos magmas originais, ou seja, é plausível supor que não tenha ocorrido qualquer mobilização expressiva dos elementos maiores durante tal processo. Os elementos-traço Zr e Th foram escolhidos na investigação das rochas em função de serem imóveis diante de eventos metamórficos. Nesta reapresentação conjunta, foram utilizados os dados de 12 amostras de rochas da suíte alcalina sódica, com teores de Na_2O entre 3 e 10% (Chaves, 2013), e em 12 outras da suíte potássica, com teores de K_2O entre 4 e 8% (Chaves *et al*., 2014), sendo os teores de SiO_2 em ambas entre 45% e 67%.

Em termos conceituais, segundo Middlemost (1991), rochas de uma série alcalina saturada em sílica, por ele denominada série transalcalina, distribuem-se no diagrama TAS (Le Bas *et al*., 1986) de classificação de rochas vulcânicas, em sequência ao longo dos campos S1 (traqui-basálticas), S2 (andesíticas traqui-basálticas), S3 (traqui-andesíticas) e T (traquíticas), sendo caracterizadas pela ausência de nefelina modal e pela presença de nefelina normativa. Utilizando o diagrama TAS em adaptação para as rochas plutônicas da suíte Lagoa Real sódica e da suíte Gouveana potássica, nota-se pela Figura 6 que ambas pertencem de fato à referida série alcalina saturada em sílica. As rochas destas suítes não contêm nefelina modal e apresentam nefelina normativa em várias amostras magmaticamente menos evoluídas da série.

A cogeneticidade entre os litotipos plutônicos em cada suíte investigada, cuja diferenciação magmática em termos evolutivos teria ocorrido pelo processo de cristalização fracionada, adicionalmente pode ser verificada no diagrama SiO_2 *versus* log CaO/(Na_2O+K_2O) de Brown (1982), na Figura 7. Neste diagrama, tanto a suíte Lagoa Real sódica quanto a suíte

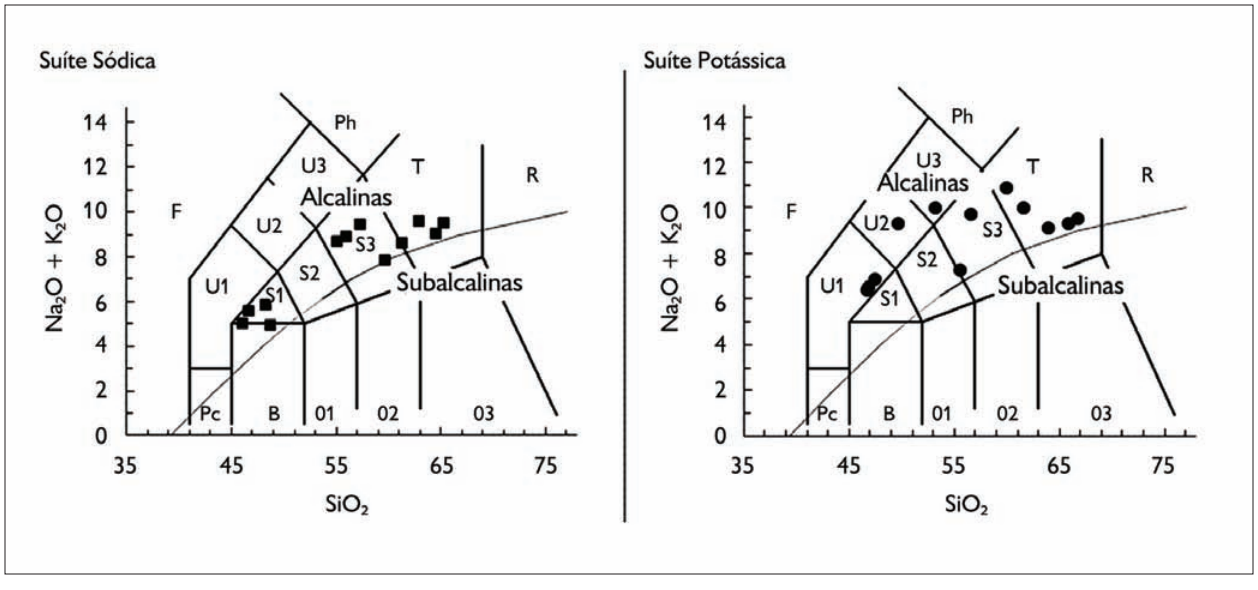

Figura 6. Diagrama Total Álcali-Sílica (TAS – Le Bas *et al*., 1986). O traço curvo, segundo Irvine & Baragar (1971), separa as rochas ígneas alcalinas das subalcalinas. Nesta figura, S3 representa monzonitos ou traqui-andesitos e T, sienito ou traquito. As rochas plutônicas das suítes sódica (quadrados) e potássica (círculos) fazem parte da série alcalina saturada em sílica. Apesar de não ser o diagrama apropriado para sua classificação, os lamprófiros (SiO_2 em torno de 47% e composição álcali-basáltica – S1) foram lançados para destacar sua participação na série alcalina, como membros magmaticamente menos evoluídos (Chaves, 2013; Chaves *et al*., 2014).

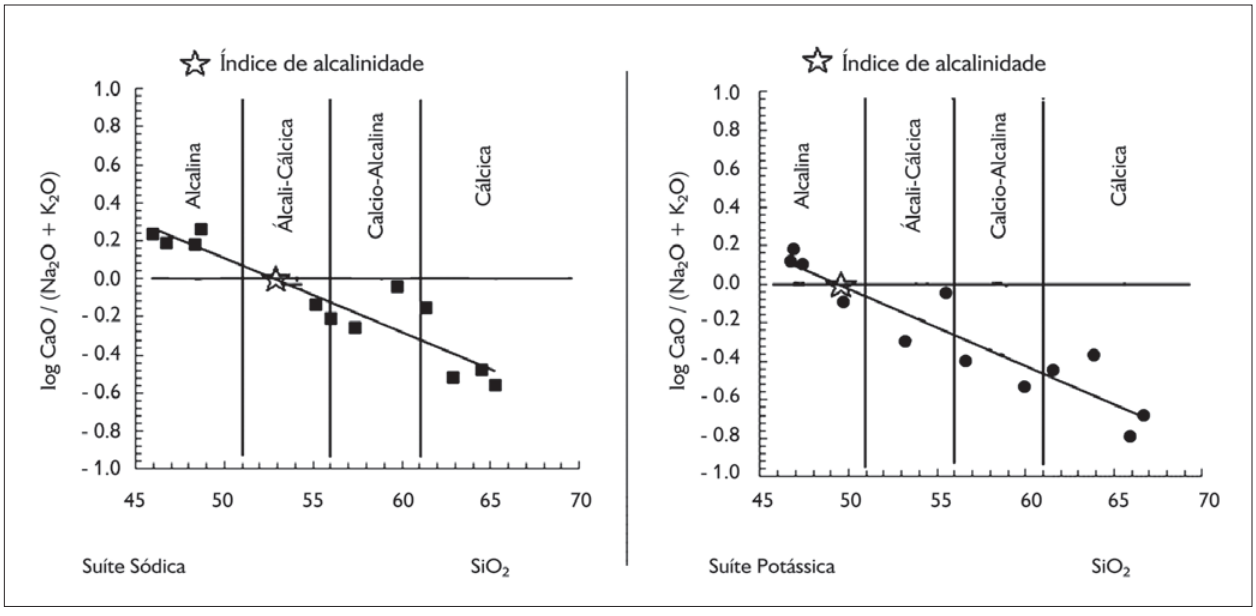

Figura 7. Diagrama SiO_2 *versus* log(CaO/Na_2O+K_2O) de Brown (1982). As rochas das suítes sódica (quadrados) e potássica (círculos) mostram tendência alcalina (Chaves *et al*., 2014 e lançamento dos dados de Chaves, 2013).

Gouveana potássica mostram padrões compatíveis com o de líquidos produzidos por diferenciação magmática. O índice de alcalinidade (estrela) obtido neste diagrama revela que as rochas da suíte Lagoa Real são álcali-cálcicas (tendência alcalina), sendo ela sódica por ter se diferenciado a partir de um magma lamprofírico do tipo Spessartito/Kersantito, no qual o feldspato a cristalizar é o oligoclásio (Figura 4). A partir da cristalização fracionada deste magma, os líquidos sieníticos formados (ou albititos, Chaves, 2013) adquiriram um caráter sódico. Este entendimento envolvendo diferenciação magmática difere do modelo Na-metassomático de Maruejol (1989), Lobato & Fyfe (1990) e Cruz (2004) para a suíte Lagoa Real. O referido índice de alcalinidade mostra que as rochas da suíte Gouveana são da série alcalina de fato, sendo ela potássica por ter se diferenciado a partir de um magma lamprofírico do tipo Minette/Vogesito, no qual o feldspato a cristalizar é potássico (microclina, Figura 5). A partir da cristalização fracionada deste magma, os sienitos que surgiram na suíte Gouveana adquiriram um caráter potássico.

O processo de cristalização fracionada em ambas as suítes revela-se também nos diagramas binários tipo Harker de SiO_2 *versus* elementos maiores (óxidos) e traços (Figuras 8 e 9), nos quais a diferenciação magmática se aponta nas tendências de correlação (setas nestas figuras) entre membros menos e mais ricos em sílica. À medida que os magmas passam de máficos a félsicos e se enriquecem em SiO_2 em ambas as suítes, há um decréscimo em Ca, Fe e Mg e um aumento no teor de Al, Na e nos elementos Zr e Th. O potássio tende a ter seu teor diminuído durante a diferenciação da suíte sódica e aumentado na diferenciação magmática da suíte potássica. Quanto ao parâmetro de alumina-saturação, os litotipos magmaticamente mais evoluídos das suítes sódica e potássica estudadas se afirmam como metaluminosos no diagrama de Maniar & Piccoli (1989) da Figura 10, para os quais ele se aplica. Com relação à ambiência/evolução tectônica, através do diagrama milicatiônico R1 *versus* R2 de Batchelor & Bowden (1985), os litotipos da suíte sódica e os da suíte potássica classificam-se na fase tardi-orogênica/pós-colisional (Figura 11).

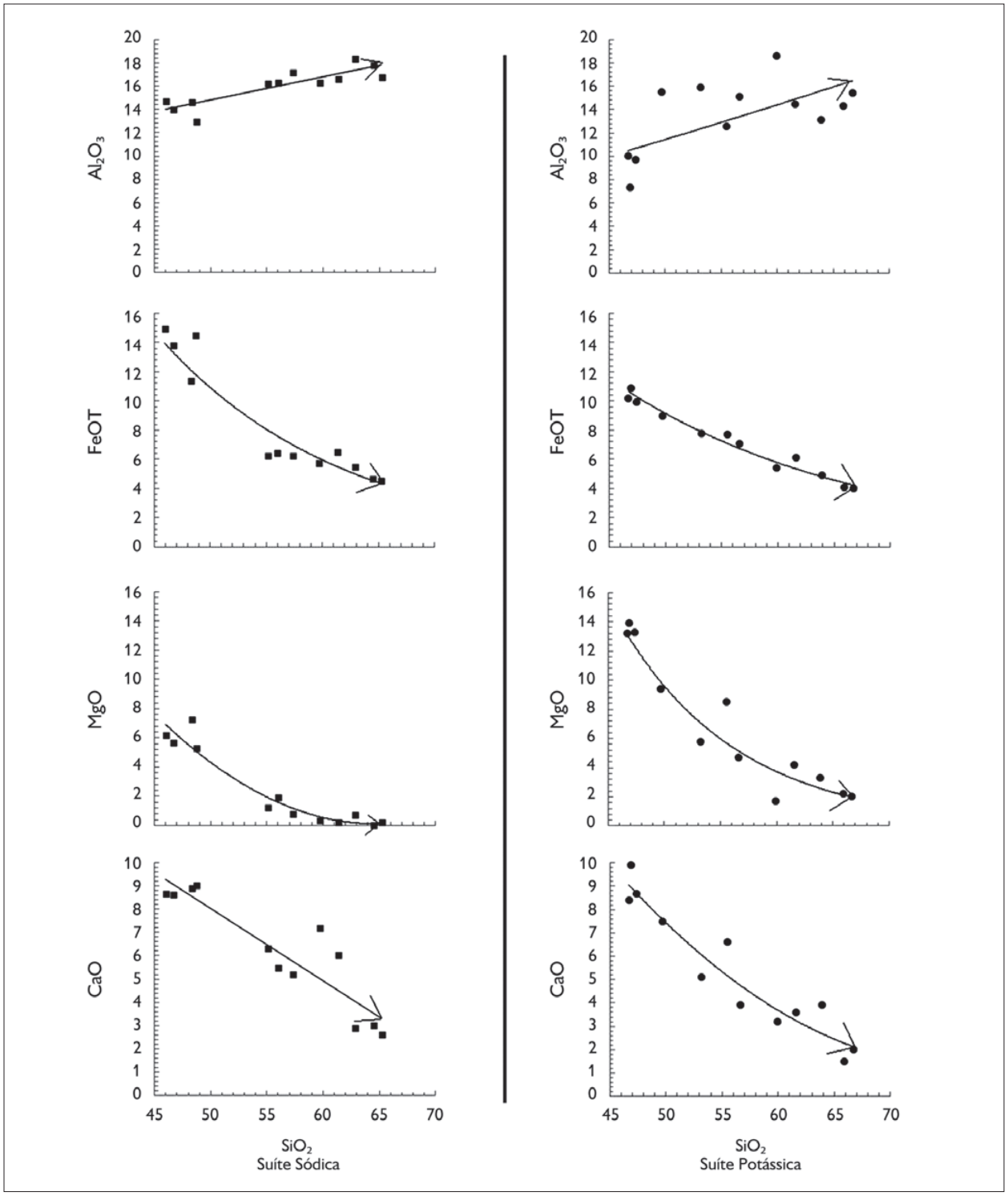

Figura 8. Diagramas de variação tipo Harker de SiO_2 *versus* óxidos dos elementos maiores Al, Fe, Mg e Ca. As setas apontam a progressão da cristalização fracionada. Suíte sódica = quadrados; suíte potássica = círculos (Chaves, 2013; Chaves *et al*., 2014).

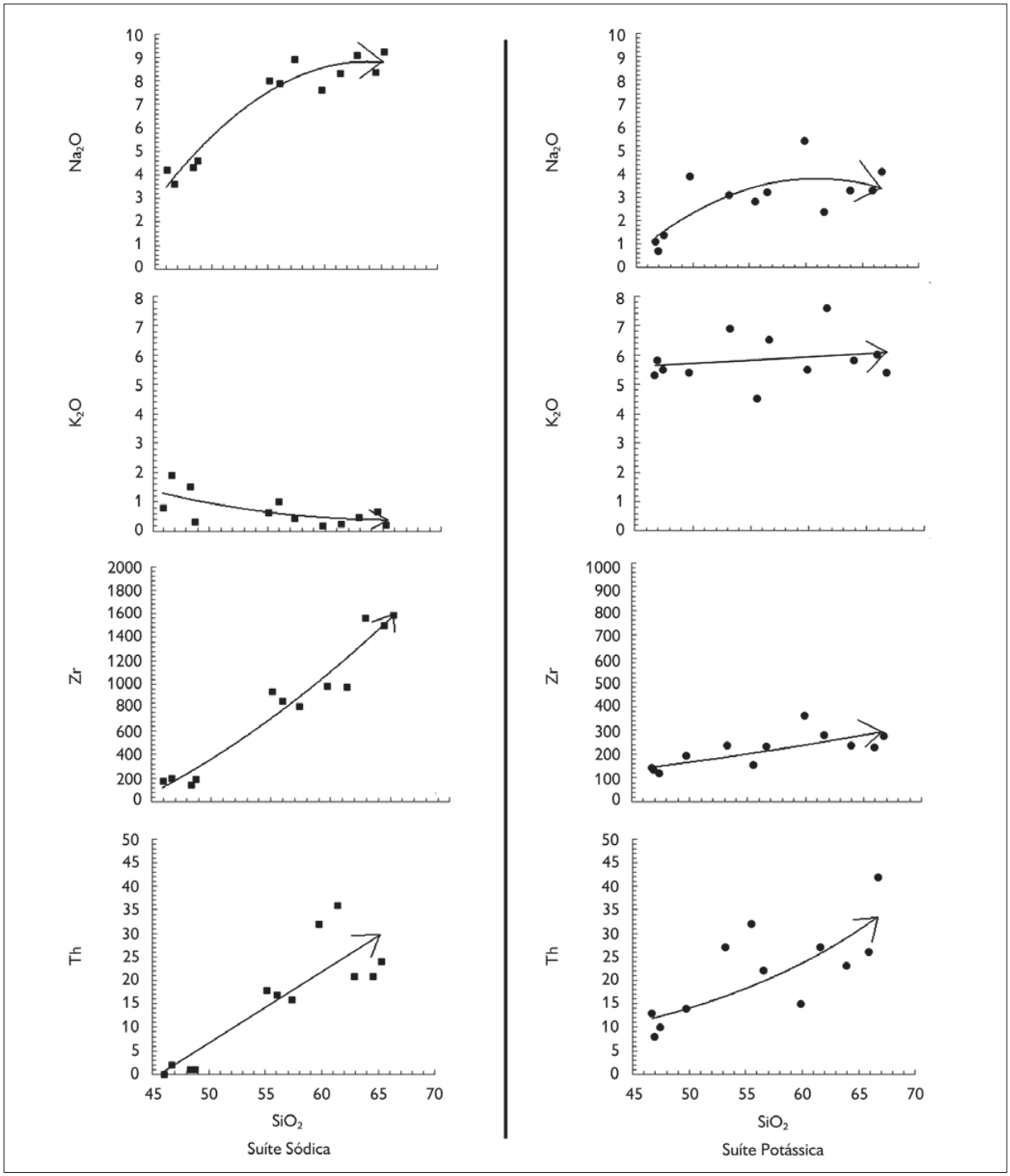

Figura 9. Diagramas de variação tipo Harker de SiO_2 *versus* óxidos dos elementos maiores alcalinos Na e K e traços Zr e Th. As setas apontam a progressão da cristalização fracionada. Suíte sódica = quadrados; suíte potássica = círculos (Chaves, 2013; Chaves *et al*., 2014).

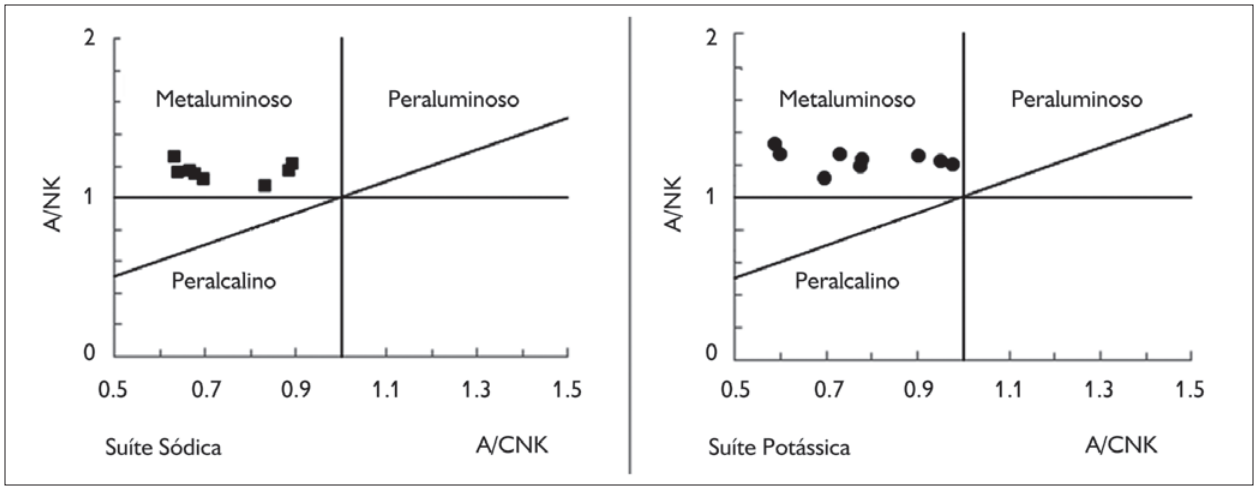

Figura 10. Alumina-saturação pelo diagrama ACNK *versus* ANK de Maniar & Piccoli (1989). Suíte sódica = quadrados; suíte potássica = círculos (Chaves *et al*., 2014 e lançamento dos dados de Chaves, 2013).

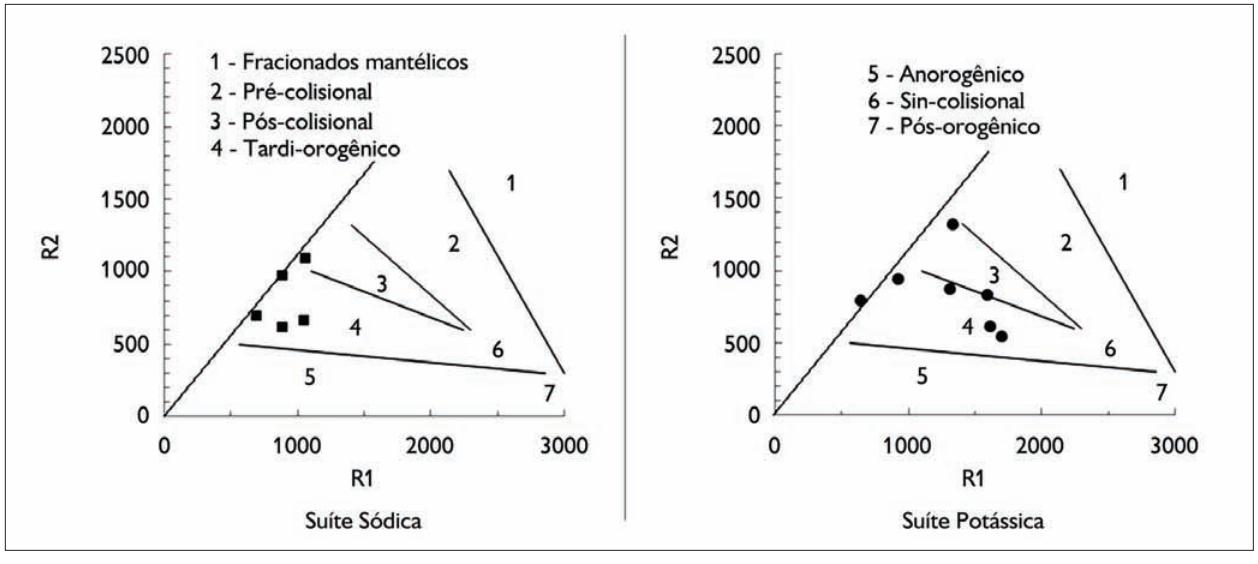

Figura 11. Diagrama milicatiônico R1 [4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)] *versus* R2 [6Ca+2Mg+Al], de Batchelor & Bowden (1985) para as rochas das suítes sódica (quadrados) e potássica (círculos). As demais amostras não lançadas caem acima da diagonal do diagrama (Chaves, 2013; Chaves *et al*., 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As semelhanças entre as suítes alcalinas Lagoa Real (sódica) e Gouveana (potássica) são várias. Iniciam-se pela idade, sendo a potássica de 1,95 Ga (idade U-Pb em titanita; Chaves *et al*., 2015) e a sódica de 1,90 Ga (idade U-Pb em zircões; Chaves, 2013), ou seja, ambas são orosirianas e de contexto tectônico tardi-orogênico/pós-colisional. Em termos petrográficos e litoquímicos, ambas apresentam termos que variam de lamprófiros, monzonitos até sienitos e quartzo-sienitos metaluminosos, os quais, em cada uma delas, sucessivamente se inter-relacionam por processos de cristalização fracionada, constituindo séries alcalinas saturadas em sílica (Figuras 6 e 7). A alcalinidade e a saturação em sílica respaldam-se no posicionamento

das amostras no diagrama TAS, bem como na ausência de nefelina modal nestas rochas, presença de nefelina normativa nos termos lamprofíricos e monzoníticos menos evoluídos e de quartzo modal e normativo nos termos sieníticos mais evoluídos em ambas as suítes. Estas feições geocronológico-petrológicas vão de encontro às observações sobre as associações ígneas pós-colisionais de Bonin (2004), apresentadas na introdução deste artigo, dentro das quais, segundo este autor, as alcalinas tendem a se tornar menos potássicas e mais sódicas no decorrer deste período pós-colisional, como ocorre com a suíte sódica Lagoa Real, de 1,90 Ga.

No que se refere às associações ígneas orosirianas pós-colisionais do estado da Bahia, Rosa *et al*. (2000) apontam que as rochas lamprofíricas, monzoníticas e sieníticas do batólito Guanambi (2,05 Ga) guardam assinaturas químicas e de isótopos de Sr-Nd que sugerem que este batólito teria se formado por cristalização fracionada de um magma essencialmente lamprofírico derivado de uma fonte mantélica enriquecida, de idade paleoproterozoica. De modo similar, o complexo sienítico-carbonatítico Angico dos Dias guarda evidências isotópicas Sr-Nd e geoquímicas de uma origem também relacionada a uma fonte mantélica enriquecida (Antonini *et al*., 2003). Em suas considerações sobre associações ígneas pós-colisionais mundo afora, Bonin (2004) postula que o enriquecimento da fonte mantélica das associações alcalinas vincula-se a processos de metassomatismo provocados por material que havia sido previamente subductado (fase pré-colisional) em relação ao evento colisional associado.

Em termos geodinâmicos, Brito Neves (2011) sintetizou, na Figura 12 deste artigo (modificada), os eventos riaciano/orosirianos de colisão de segmentos continentais arqueanos sugeridos por Alkmim & Marshak (1998) e Barbosa & Sabaté (2004), tanto na porção sul quanto no setor centro-oriental do CSF. Para este contexto, porém já durante o período pós-colisional orosiriano, é aqui sugerido que a fusão parcial do manto litosférico, que provavelmente havia sido previamente metassomatizado por fluidos derivados de uma placa subductada antes da colisão, teria gerado um magma melanocrático lamprofírico saturado em sílica (há termos lamprofíricos não só nas suítes sódica Lagoa Real e potássica Gouveana, como também no complexo Angico dos Dias e no batólito Guanambi), rico em álcalis e hidratado o bastante para dele cristalizar anfibólio e flogopita. A diferenciação por cristalização fracionada deste magma lamprofírico, ao longo das porções transtensionais das transcorrências originadas no colapso gravitacional do orógeno por meio da reativação extensional dos transempurrões sinistrais colisionais de alto ângulo, teria levado ao surgimento e posicionamento dos monzonitos (muitos deles com restitos dos lampróforos). Estes monzonitos, por sua vez, evoluíram para os sienitos e finalmente chegaram aos quartzo-sienitos leucocráticos, os termos mais evoluídos das suítes alcalinas sódica Lagoa Real e potássica Gouveana.

Dois cinturões móveis paleoproterozoicos na Bahia guardam rochas álcali-sieníticas durante a fase final de sua estabilização (Conceição, 1993), um denominado Urandi-Guanambi (UG) e outro Salvador-Curaçá (SC), os quais se encontram localizados, respectivamente, nas partes ocidental e oriental do estado (Figura 12). Os sienitos do SC estão concentrados em quatro maciços distintos, tendo sido colocados como corpos tabulares e exibindo textura gnáissica, enquanto os do UG formam o grande batólito Guanambi, com litotipos de textura ígnea preservada e de posicionamento associado às transcorrências regionais. Quando as suítes sódica Lagoa Real (Bahia), de 1,9 Ga, e potássica (Minas Gerais), de 1,95 Ga, são lançadas na Figura 12 em conjunto com outras associações ígneas orosirianas pós-colisionais regionais (sienitos alcalinos de 2,0 Ga na borda sul do CSF, Jordt-Evangelista *et al*., 2000; sienitos alcalinos riacianos/orosirianos da Suíte Paciência, do norte de Minas Gerais, Knauer *et al*., 2007; complexo sienítico-carbonatítico Angico dos Dias, Silva *et al*., 1988, Antonini *et al*., 2003, na Bahia), elas se alinham na direção N-S ao

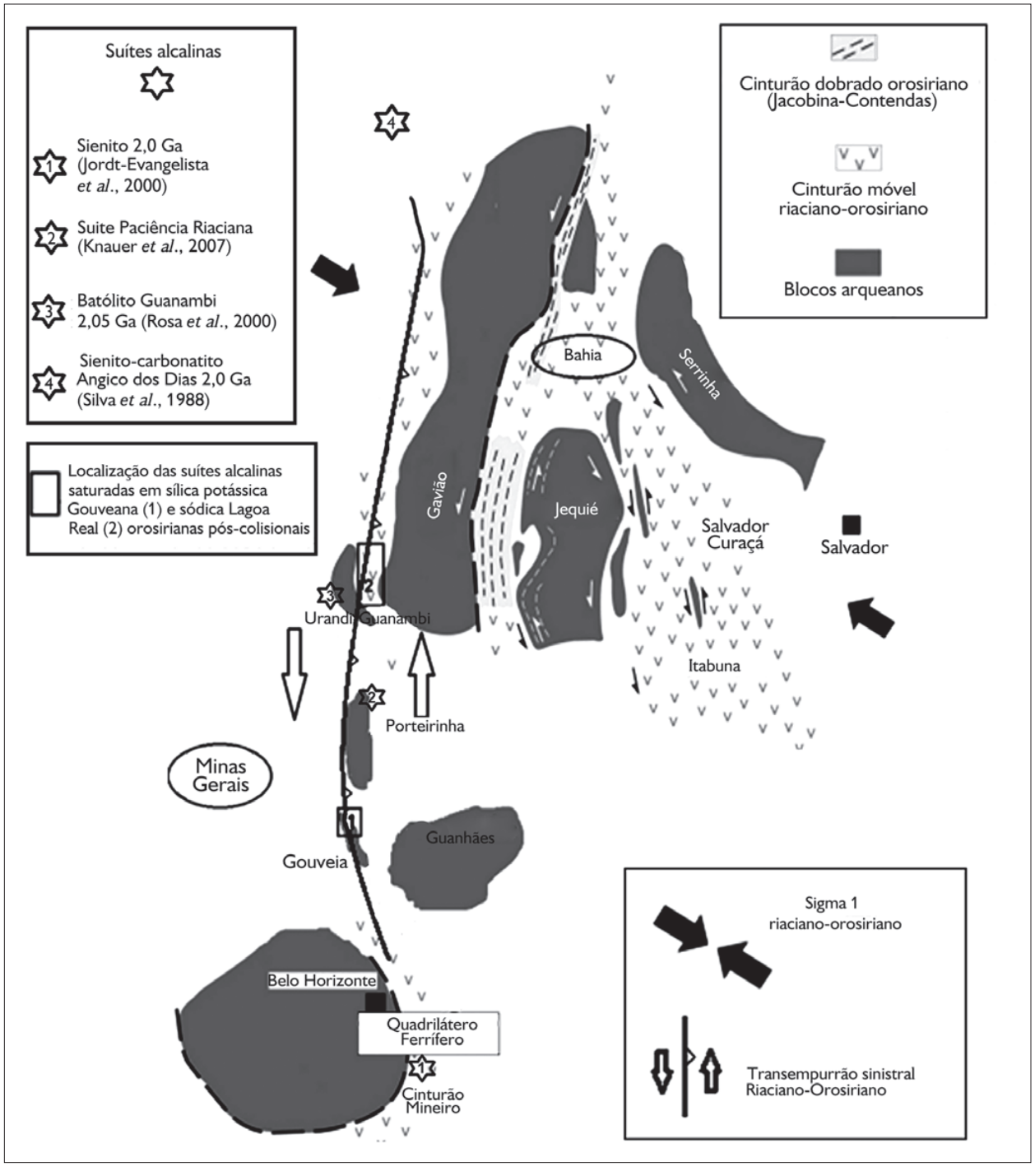

Figura 12. Esboço tectônico, modificado de Brito Neves (2011), dos principais blocos arqueanos e cinturões móveis riaciano/orosirianos desenvolvidos entre eles durante a edificação do Cráton São Francisco. Não só as suítes alcalinas sódica Lagoa Real e potássica Gouveana, como também outras de idade em torno de 2,0 Ga teriam se posicionado nas porções transtensionais das transcorrências tardi-orogênicas/pós-colisionais geradas na reativação extensional dos transempurrões sinistrais prévios, de alto ângulo e sigma-1 NW-SE, que edificaram o orógeno colisional riaciano/orosiriano.

longo do cinturão UG, onde está localizado o batólito alcalino Guanambi, de 2,05 Ga (Rosa *et al*., 2000). Desta observação, sugere-se que todas elas representem os componentes de um conjunto que aparentemente se configura de modo mais amplo, como uma província alcalina orosiriana pós-colisional Minas-Bahia, de idade entre 1,90 e 2,05 Ga.

Complexos carbonatíticos-sieníticos-lamprofíricos cenozoicos, posicionados como stocks e diques ao longo de transcorrências regionais ativas após a colisão continental Indo-Asiática, guardam reservas gigantescas de elementos terras-raras (ETR) no sul da China. Estudos isotópicos sugerem que estes complexos derivam do manto litosférico subcontinental metassomaticamente enriquecido com sedimentos marinhos previamente subductados (Hou *et al.*, 2015). Comparativamente a esta ambiência geológica da associação ígnea chinesa, a possível província alcalina orosiriana pós-colisional Minas-Bahia revelar-se-ia como alvo potencial para prospecção dos tão cobiçados ETR em função da sua demanda tecnológica atual, como também de urânio (em extração em Caetité/Lagoa Real).

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida ao autor; ao geólogo Raphael Martins Coelho, pelo apoio nos trabalhos de campo; aos colegas do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), pelo suporte permanente.

REFERÊNCIAS

ALKMIM, F. F., 1995. O Anticlinório de Gouveia: exemplo de culminação antiformal nucleada pelo embasamento. **Anais do Simpósio de Geologia de Minas Gerais** 8: 1-2.

ALKMIM, F. F., 2004. O que faz um Cráton um Cráton? O Cráton São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimitá-lo. In: V. MANTESSO-NETO, A. ARTORELLI, C. D. R. CARNEIRO & B. B. BRITO NEVES (Eds.): **Geologia do continente sul-americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida: v. 1: 17-35. Editora Beca, São Paulo.

ALKMIM, F. F. & S. MARSHAK, 1998. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research** 90(1-2): 29-58.

ALKMIM, F. F. & M. A. MARTINS-NETO, 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. **Marine and Petroleum Geology** 33(1): 127-139.

ALMEIDA, F. F. M., 1977. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências** 7(4): 349-364.

ANTONINI, P., P. COMIN-CHIARAMONTI, C. B. GOMES, P. CENSI, B. F. RIFFEL & E. YAMAMOTO, 2003. The Early Proterozoic carbonatite complex of Angico dos Dias, Bahia State, Brazil: geochemical and Sr-Nd isotopic evidence for an enriched mantle origin. **Mineralogical Magazine** 67(5): 1039-1057.

BARBOSA, J. S. F. & P. SABATÉ, 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil: geodynamic feactures. **Precambrian Research** 133: 1-27.

BARBOSA, J. S. F., S. P. CRUZ & J. S. SOUZA, 2012. Terrenos metamórficos do embasamento. In: J. S. F. BARBOSA, J. F. MASCARENHAS, L. C. CORRÊA-GOMES, J. M. L. DOMINGUEZ & J. S. DE SOUZA (Eds.): **Geologia da Bahia**: pesquisa e atualização: v. 1: 101-199. CPBM/UFBA, Salvador.

BARBOSA, N. S., W. TEIXEIRA, L. R. B. LEAL & A. B. M. LEAL, 2013. Evolução crustal do setor ocidental do Bloco Arqueano Gavião, Cráton do São Francisco, com base em evidências U-Pb, Sm-Nd e Rb-Sr. **Geologia USP, Série Científica** 13(4): 63-88.

BATCHELOR, R. A. & P. BOWDEN, 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. **Chemical Geology** 48(1-4): 43-55.

BONIN, B., 2004. Do coeval mafic and felsic magmas in postcollisional to within-plate regimes necessarily imply two contrasting, mantle and crustal, sources? A review. **Lithos** 78(1-2): 1-24.

BRITO NEVES, B. B., 2011. The Paleoproterozoic in the South American continent: diversity in the geologic time. **Journal of South American Earth Sciences** 32(4): 270-286.

BROWN, G. C., 1982. Calc-alkaline intrusive rocks: their diversity, evolution, and relation to volcanic areas. In: R. S. THORPE (Ed.): **Andesites**: orogenic andesites and related rocks: 437-461. John Wiley, London.

CHAVES, A. O., 2013. New geological model of the Lagoa Real uraniferous albitites from Bahia, Brazil. **Central European Journal of Geosciences** 5(3): 354-373.

CHAVES, A. O. & R. M. COELHO, 2013. Petrografia, geoquímica e geocronologia do leucogranito peraluminoso do Complexo de Gouveia-MG. **Geonomos** 21(2): 1-12.

CHAVES, A. O., R. M. COELHO, F. E. RENGER, T. M. DUSSIN, M. R. M. A. AZEVEDO & S. M. RIBEIRO, 2014. Petrografia e litoquímica do magmatismo tardi-orogênico toleítico alto-K e da suíte pós-colisional alcalina saturada em sílica de Gouveia (MG). **Geochimica Brasiliensis** 28(2): 117-130.

CHAVES, A. O., R. A. SCHOLZ, C. C. LANA, F. E. RENGER, R. M. COELHO, T. M. DUSSIN, M. R. M. A. AZEVEDO & S. M. RIBEIRO, 2015. Datação da suíte alcalina e do magmatismo toleítico alto-K de Gouveia (MG): juntos no espaço, mas distantes no tempo. **Geociências** 34(3): 381-389.

CONCEIÇÃO, H., 1993. Sienitos do Estado da Bahia: um epítome do tema e interpretação à luz do conhecimento atual. In: J. M. L. DOMINGUEZ & A. MISI (Eds.): **O Craton do São Francisco**: 52-55. SBG/SGM/CNPq, Salvador.

CRUZ, S. C. P., 2004. **A interação entre o Aulacógeno do Paramirim e o Orógeno Araçuaí-Oeste Congo**. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

CRUZ, S. C. P., F. F. ALKMIM & L. E. LAGOEIRO, 2005. Zona de cisalhamento do núcleo do anticlinório de Gouveia, Cordilheira do Espinhaço, MG: geometria, cinemática e processos deformacionais. **Revista Brasileira de Geociências** 35(4): 441-452.

DUSSIN, I. A., T. M. DUSSIN, J. CHARVET & F. CHEMALE JR., 1992. Tectonique du Protérozoïque Supérieur au sud-est du Craton São Francisco (Minas Gerais, Brésil). **Comptes Rendus L'Academie Sciences** 2(2): 629-636.

GROSSI-SAD, J. H., L. M. LOBATO, A. C. PEDROSA-SOARES, B. S. SOARES-FILHO, 1997. **Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos)**. COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais, Belo Horizonte.

HOFFMANN, C., 1983. The archean peraluminous Gouveia granite. Its structure, geochemistry, and phase petrology (Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil). **Neues Jahrbuch Mineralogie (Abhandlungen)** 146: 151-169.

HOU, Z., Y. LIU, S. TIAN, Z. YANG & Y. XIE, 2015. Formation of carbonatite-related giant rare-earth-element deposits by the recycling of marine sediments. **Scientific Reports** 5: 10231.

IRVINE, T. N. & W. R. A. BARAGAR, 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. **Canadian Journal of Earth Sciences** 8(5): 523-448.

JORDT-EVANGELISTA, H., G. G. PERES & M. J. B.MACAMBIRA, 2000. Pb/Pb single-zircon dating of Paleoproterozoic calc-alkaline/alkaline magmatism in the southeastern São Francisco Craton region, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências** 30(1): 174-176.

KNAUER, L. G., L. L. SILVA, F. B. B. SOUZA, L. R. SILVA & R. C. CARMO, 2007. **Nota explicativa da folha Monte Azul (SD.23-Z-D-II), escala 1:100.000**: 1-80. UFMG/CPRM (Série Programa de Geologia do Brasil), Brasília.

LE BAS, M. J., R. W. LE MAITRE, A. STRECKEISEN & B. ZANETTIN, 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali–silica diagram. **Journal of Petrology** 27(3): 745-750.

LOBATO, L. M. & W. S. FYFE, 1990. Metamorphism, metasomatism, and mineralization at Lagoa Real, Bahia, Brazil. **Economic Geology** 85(5): 968-989.

MACHADO, N., A. SCHRANK, F. R. ABREU, L. G. KNAUER & P. A. ALMEIDA-ABREU, 1989. Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional. **Anais do Simpósio de Geologia de Minas Gerais** 5: 171-174.

MANIAR, P. D. & P. M. PICCOLI, 1989. Tectonic discrimination of granitoids. **Geological Society of America Bulletin** 101(5): 635-643.

MARTIN, H., P. SABATÉ, J. J. PEUCAT & J. C. CUNHA, 1991. Un segment de croûte continentale d'âge archéen ancient (3.4 milliards d'années): le massif de Sete Voltas (Bahia, Brésil). **Comptes Rendus de l'Academie des Sciences** 313(2): 531-538.

MARUEJOL, P., 1989. **Métasomatose alcaline et minéralisations uranifères**: les albitites du gisement de Lagoa Real (Bahia, Brésil) et exemples complémentaires de Xihuashan (SE Chine), Zheltorechensk (Ukraine) et Chhuling Khola (Népal central). Tese (Doutorado em Geociências) – Centre de Recherches sur la Géologie de l'Uranium, Nancy.

MIDDLEMOST, E. A. K., 1991. Towards a comprehensive classification of igneous rocks and magmas. **Earth Sciences Review** 31(2): 73-87.

PEDROSA-SOARES, A. C., C. M. NOCE, C. M. WIEDMAN & C. P. PINTO, 2001. The Araçuaí-West Congo orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. **Precambrian Research** 110(1-4): 307-323.

ROSA, M. L. S., H. CONCEIÇÃO, F. OBERLI, M. MEIER, H. MARTIN, M. J. B. MACAMBIRA, E. B. SANTOS, M. M. PAIM, G. A. S. LEAHY & L. R. B. LEAL, 2000. Geochronology (U-Pb/Pb-Pb) and isotopic signature (Rb-Sr/Sm-Nd) of the Paleoproterozoic Guanambi batolith, southwestern Bahia State (NE Brazil). **Revista Brasileira de Geociências** 30(1): 62-65.

SILVA, A. B., G. S. LIBERAL, J. H. GROSSI SAD, A. ISSA FILHO, C. S. RODRIGUES & B. F. RIFFEL, 1988. Geologia e petrologia do complexo Angico dos Dias (Bahia, Brasil), uma associação carbonatítica Precambriana. **Geochimica Brasiliensis** 2(1): 81-108.

TÁVORA, F. J., U. G. CORDANI & K. KAWASHITA, 1967. Determinações de idade Potássio-Argônio em rochas da Região Central da Bahia. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia** 21: 234-244.

TEIXEIRA, W., L. S. MARQUES & C. PETRONI, 2010. Origem e evolução da crosta arqueana do Cráton do São Francisco: uma síntese. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia** 45: 1 CD-ROM.

TURPIN, L., P. MARUEJOL & M. CUNEY, 1988. U-Pb, Rb-Sr and Sm-Nd chronology of granitic basement, hidrothermal albitites and uranium mineralization (Lagoa Real, South-Bahia, Brazil). **Contributions to Mineralogy and Petrology** 98(2): 139-147.

UHLEIN, A., 1991. **Transição cráton-faixa dobrada**: exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasiliano) no Estado de Minas Gerais: aspectos estratigráficos e estruturais: 1-295. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-27102015-092630/en.php>. Acesso em: 25 julho 2015.