

Geoquímica do magmatismo Ediacarano Serra do Caramuru, NE da Província Borborema, RN, Brasil

*The geochemistry of the Serra do Caramuru Ediacaran magmatism, Northeastern
Borborema Province, State of Rio Grande do Norte, Brazil*

Antomat Avelino de Macêdo Filho¹ e Zorano Sérgio de Souza²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Campus
Universitário, 3000, Lagoa Nova, CP 1502, CEP 59078-970, Natal, RN, Brasil (antomatgeo@hotmail.com)

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Departamento de Geologia, Programa de Pós-graduação em
Geodinâmica e Geofísica, Natal, RN, Brasil (zorano@geologia.ufrn.br)

Recebido em 5 de janeiro de 2016; aceito em 9 de junho de 2016

Resumo

Os *stocks* Serra do Caramuru e Tapuio (magmatismo Serra do Caramuru), localizados no extremo NE do Domínio Rio Piranhas-Seridó (RN), são representantes do plutonismo ediacarano a cambriano da Província Borborema. Análises químicas de rocha total (elementos maiores e traço, incluindo elementos terras raras) em amostras provenientes principalmente do *stock* Serra do Caramuru permitiram efetuar a caracterização geoquímica deste magmatismo. Foram identificadas as fácies diorítica, granítica porfirítica, granítica equigranular I e granítica equigranular II, além de diques e *sheets* graníticos. A fácies diorítica é leucocrática a melanocrática, rica em biotita e hornblenda. As fácies graníticas são hololeucocráticas a leucocráticas, com biotita e eventualmente hornblenda. A variação no conteúdo de óxidos e elementos traço sugere o fracionamento de zircão, apatita, titanita, clinopiroxênio (em dioritos), biotita, hornblenda, allanita, plagioclásio, microclina e granada (em diques tardios). O comportamento de Zr, La e Yb indica que dioritos não constituem o magma parental dos granitos. Por outro lado, as fácies graníticas parecem ser cogenéticas, apresentando *trends* de diferenciação e espectros de elementos terras raras (ETR) análogos [$12,3 \leq (La/Yb)_N \leq 190,8$; $Eu/Eu^* = 0,30-0,68$]. O padrão de ETR de diques e *sheets* graníticos [$6,96 \leq (La/Yb)_N \leq 277,84$; $Eu/Eu^* = 0,18-0,58$] sugere não cogeneticidade ao magmatismo Serra do Caramuru. A fácies diorítica é metaluminosa, shoshonítica, enquanto os granitos são metaluminosos a ligeiramente peraluminosos, cálcio-alcalinos de alto potássio. Diagramas envolvendo óxidos e elementos traço corroboram um ambiente pós-colisional. Os dados aportados permitem correlacionar o magmatismo Serra do Caramuru ao grupo de granitoides pós-colisionais, cálcio-alcalinos de alto potássio com eventuais associações shoshoníticas, do Domínio Rio Piranhas-Seridó.

Palavras-chave: Magmatismo Serra do Caramuru; Domínio Rio Piranhas-Seridó; Plutonismo; Petrologia; Geoquímica.

Abstract

The Serra do Caramuru and Tapuio stocks (Serra do Caramuru magmatism), located on the northeasternmost part of Rio Piranhas-Seridó Domain (State of Rio Grande do Norte, NE Brazil), are representatives of the Ediacaran to Cambrian plutonism of the Borborema Province. Whole rock chemical analyses (major and trace elements including rare earth elements) of samples coming mainly from the Serra do Caramuru stock allowed the geochemical characterization of this magmatism. The following facies were identified: dioritic, porphyritic granitic, equigranular I granitic, equigranular II granitic, as well as granitic dykes and sheets. The dioritic facies is leucocratic to melanocratic, rich in biotite and hornblende. The granitic facies are hololeucocratic to leucocratic, and contain biotite and sporadically hornblende. Variations of oxide and trace element concentrations suggest fractionation of zircon, apatite, titanite, clinopyroxene (in diorites), biotite, hornblende, allanite, plagioclase, microcline and garnet (in late dykes). The behavior of Zr, La and Yb indicates that the dioritic magma does not constitute the parental magma for the granitic facies. On the other hand, the granitic facies seem to be cogenetic, displaying similar differentiation trends and Rare Earth Element (REE) spectra [$12.3 \leq (La/Yb)_N \leq 190.8$; $Eu/Eu^* = 0.30-0.68$]. REE patterns [$6.96 \leq (La/Yb)_N \leq 277.84$; $Eu/Eu^* = 0.18-0.58$] demonstrate that the granitic dykes and sheets are not cogenetically related to the Serra do Caramuru magmatism. The dioritic facies is metaluminous and shoshonitic, whereas the granitic facies are metaluminous to slightly peraluminous and high-potassium calc-alkaline. Diagrams involving oxides and trace elements corroborate a post-collisional environment. The results allow the correlation of the Serra do Caramuru magmatism with the post-collisional, high-potassium, calc-alkaline granites with some shoshonitic associations of the Rio Piranhas-Seridó Domain.

Keywords: Serra do Caramuru magmatism; Rio Piranhas-Seridó Domain; Plutonism; Petrology; Geochemistry.

INTRODUÇÃO

Durante a orogênese Brasiliana-Panafricana ($0,60 \pm 0,05$ Ga), a Província Borborema (Figura 1) foi marcada pelo desenvolvimento de zonas de cisalhamento litosféricas, com as quais se associa um intenso magmatismo plutônico. Neste contexto, mais especificamente no NE do Domínio Rio Piranhas-Seridó (Figura 2), ocorre o magmatismo Serra

do Caramuru, composto pelos *stocks* Serra do Caramuru e Tapuio. Embora o conhecimento acerca do magmatismo ediacarano a cambriano tenha evoluído consideravelmente nesta porção da Província Borborema (revisões em Jardim de Sá et al., 1981; Jardim de Sá, 1994; Angelim et al., 2006; Nascimento et al., 2000, 2008, 2015), ainda se percebe a necessidade de estudos petrológicos e geoquímicos mais detalhados, principalmente no que se refere aos corpos

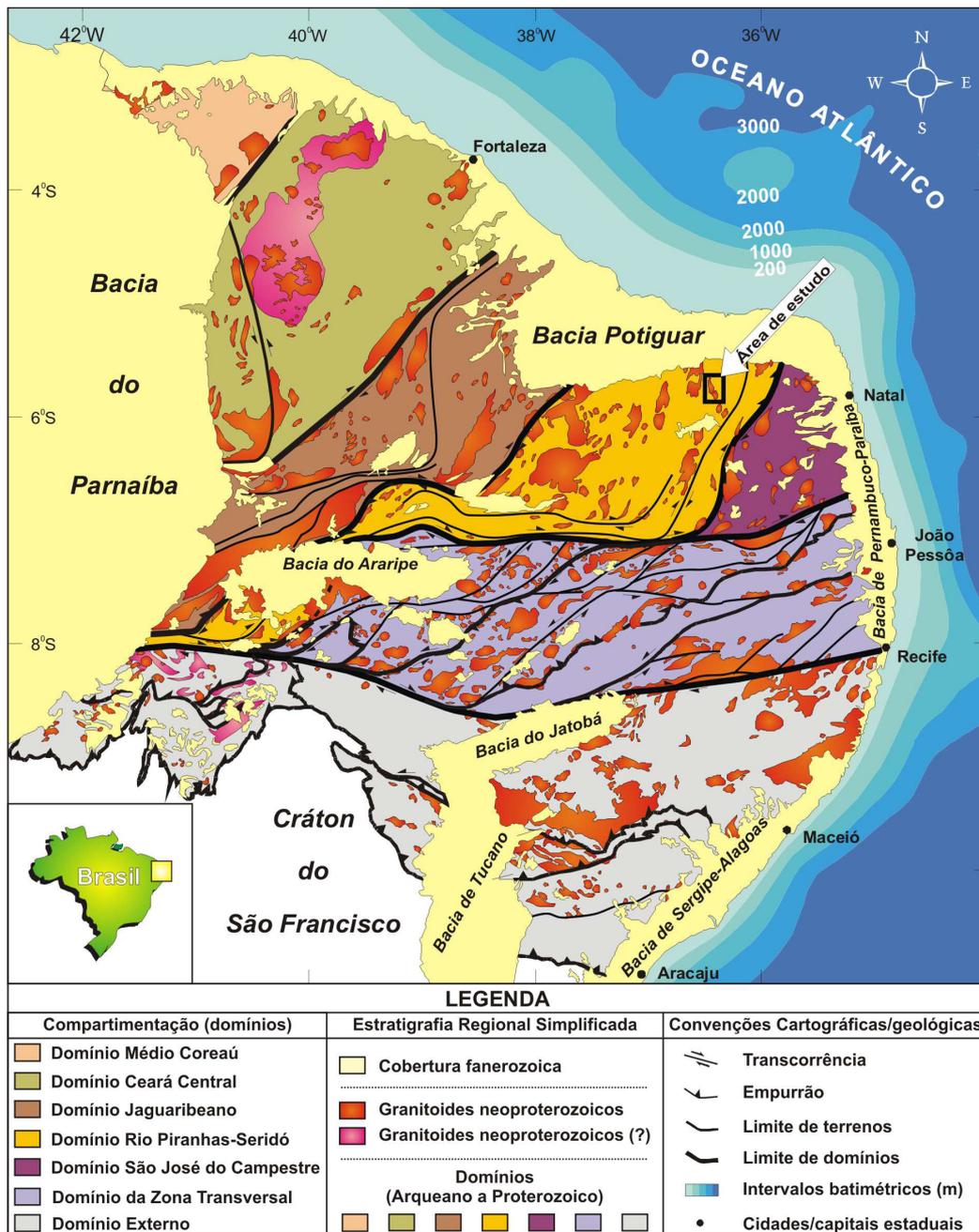


Figura 1. Província Borborema compartimentada em domínios, segundo a proposição de Medeiros e Jardim de Sá (2009). Figura modificada de Medeiros (2004). O polígono assinalado pela seta branca indica a área de estudo, apresentada em maior detalhe na Figura 3.

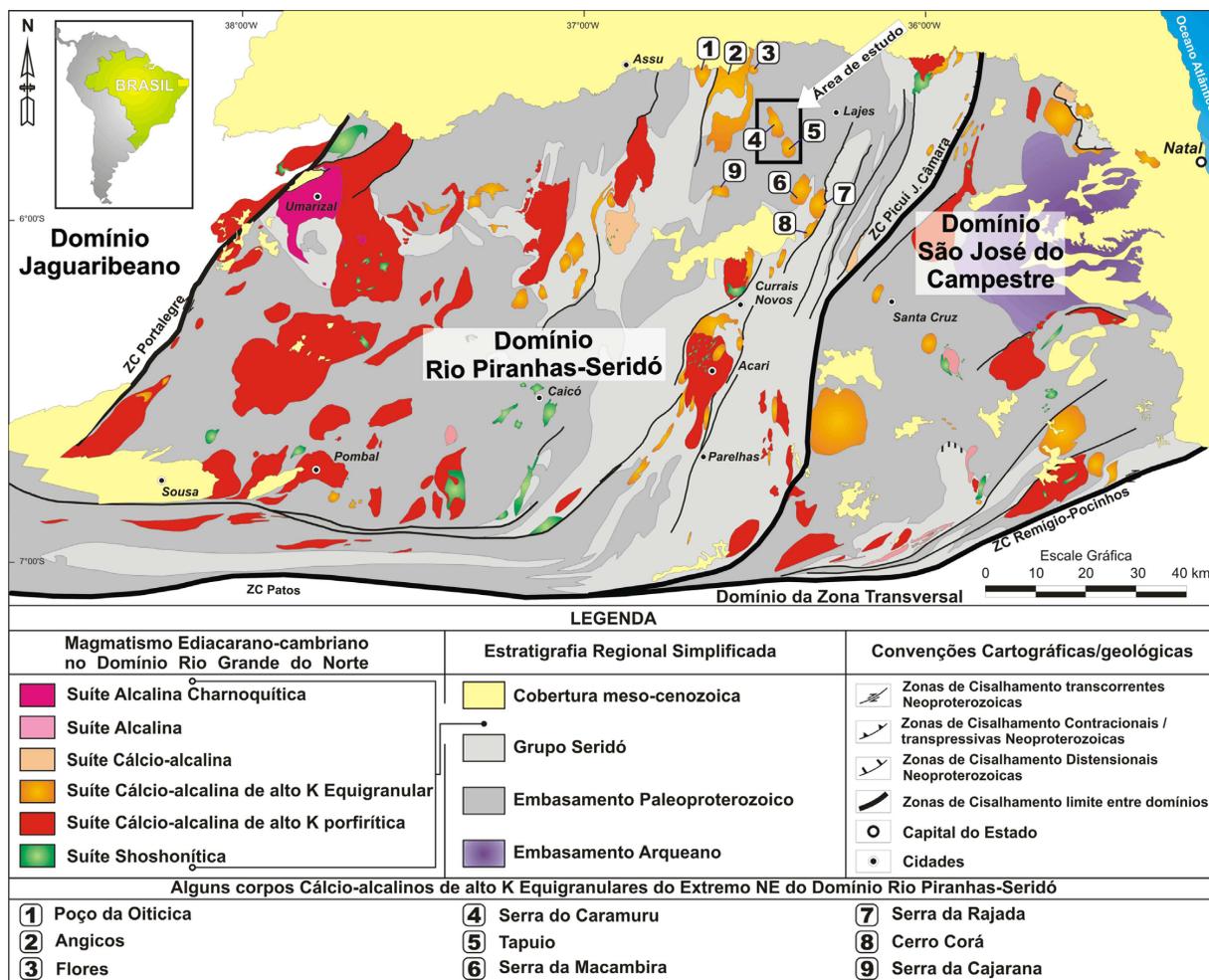


Figura 2. Mapa geológico simplificado dos domínios Rio Piranhas-Seridó e São José do Campestre, com ênfase no magmatismo ediacarano a cambriano (modificado de Nascimento et al., 2008, 2015). O polígono assinalado pela seta branca indica a área de estudo, apresentada em maior detalhe na Figura 3.

cálcio-alcalinos de alto potássio equigranulares, pós-colisionais à orogenia Brasiliana-Panafricana. No presente artigo, são descritas e interpretadas 31 análises químicas de rocha total (elementos maiores e traço, incluindo elementos terras raras) provenientes, sobretudo, do *stock* Serra do Caramuru, buscando efetuar sua caracterização geoquímica, definição de séries magmáticas e ambientes tectônicos envolvidos na evolução do magmatismo.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

O Domínio Rio Piranhas-Seridó é a porção da Província Borborema delimitada pelas zonas cisalhamento Patos (sul), Picuí-João Câmara (leste), Portalegre (oeste) e pela Bacia Potiguar (norte; Figuras 1 e 2). Este domínio é composto por um embasamento arqueano a paleoproterozoico correlacionado ao Complexo Caicó, metassedimentos do Grupo Seridó e

um volumoso plutonismo granítico diversificado, datado do Ediacarano ao Cambriano (Medeiros, 2004; Medeiros e Jardim de Sá, 2009; Nascimento et al., 2000, 2008, 2015).

O Complexo Caicó inclui rochas metaplutônicas, metavulcanossedimentares (metabásicas, mármore e paragneisses), além de possíveis remanescentes do Arqueano, cuja geração deve-se a sucessivas amalgamações de sequências tipo arco (*vide* compilação de Angelim et al., 2006). Souza et al. (2007) identificaram nos ortogneisses do Complexo Caicó das regiões de Santa Cruz, Assu e Caicó (RN) composições gabro-diorítica a granítica, com quimismo cálcio-alcalino de alto potássio, provenientes de um magmatismo derivado de fonte mantélica enriquecida com contaminação crustal incipiente. Datações U-Pb em zircão, realizadas em ortogneisses do referido complexo, forneceram idades de 2.242 ± 6 Ma (Legrand et al., 1991) e 2.227 ± 5 Ma (Archanjo e Hollanda, 2015). Os ortogneisses

bandados são ainda cortados por *augen* gnaisses graníticos (2.184 ± 16 Ma e 2.189 ± 11 Ma; Archanjo e Hollanda, 2015) atribuídos à suíte Poço da Cruz, sin- a tardi-colisional (Jardim de Sá, 1994; Angelim et al., 2006) em relação ao processo de aglutinação de massas continentais ocorridos no Riáciano e Orosiriano.

Recobrando o embasamento arqueano a paleoproterozoico, ocorre o Grupo Seridó (Figura 2), constituído da base para o topo pelas formações Jucurutu, Equador e Seridó, conforme Jardim de Sá (1984), ou Equador, Jucurutu e Seridó segundo Hollanda et al. (2014). Na última interpretação haveria uma inconformidade regional separando a Formação Equador das demais. Segundo Van Schmus et al. (2003) as datações U-Pb SHRIMP de cristais de zircão detríticos das

formações Jucurutu e Seridó indicam que o Grupo Seridó foi provavelmente depositado entre 650 e 610 Ma.

O Complexo Caicó, bem como o Grupo Seridó, servem de substrato para o magmatismo do Ediacarano e Cambriano. Angelim et al. (2006) compartimentaram estes granitoides na supersuíte sin- a tardi-orogênica (São João do Sabugi, Itaporanga, Dona Inês e Catingueira) e supersuíte pós-orogênica (Umarizal), em função do ciclo Brasileiro-Panafricano. Nascimento et al. (2000, 2008, 2015) reagruparam os mesmos corpos nas suítes shoshonítica, cálcio-alkalina de alto potássio porfírica, cálcio-alkalina, cálcio-alkalina de alto potássio equigranular, alcalina e alcalina charnoquítica, cujas características litológicas e químicas estão listadas na Tabela 1. Nestas classificações, os *stocks*

Tabela 1. Características gerais das suítes plutônicas do Ediacarano ao Cambriano do Domínio Rio Piranhas Seridó, compilações segundo Angelim et al. (2006) e Nascimento et al. (2000, 2008, 2015).

Suíte	Litologia	Características químicas
Shoshonítica (São João do Sabugi)	Gabro/dioritos a quartzo monzonitos	SiO ₂ = 46,7-61,5%; K ₂ O + Na ₂ O = 3,9-10,8%; K ₂ O/Na ₂ O = 0,3-1,8; CaO = 3,0-9,9%; La _N /Yb _N = 8,2-162,0; Eu/Eu* = 0,4-1,4; Cálcio-alkalinas a alcalinas ou subalcalinas; Ferrosas a magnesianas; Metaluminosas.
Cálcio-alkalina de alto potássio porfírica (Itaporanga)	Monzogranitos, granodioritos e quartzo monzonitos	SiO ₂ = 62,0-76,2%; K ₂ O + Na ₂ O = 7,4-10,8%; K ₂ O/Na ₂ O = 0,8-2,1; CaO = 0,6-4,1; La _N /Yb _N = 13,1-162,8; Eu/Eu* = 0,3-0,9; Transicionais (cálcio-alkalinas a alcalinas); Ferrosas, ou ferrosas a magnesianas; Metaluminosas a levemente peraluminosas.
Cálcio-alkalina de alto potássio equigranular (Dona Inês)	Monzogranitos	SiO ₂ = 66,7-76,5%; K ₂ O + Na ₂ O = 6,7-9,8%; K ₂ O/Na ₂ O = 0,8-4,4; CaO = 0,5-4,0%; La _N /Yb _N = 0,4-588,2; Eu/Eu* = 0,2-0,9; Transicionais (cálcio-alkalinas a alcalinas); Ferrosas a magnesianas; Peraluminosas a metaluminosas.
Cálcio-alkalina	Granodioritos e tonalitos	SiO ₂ = 60,5-67,9%; K ₂ O + Na ₂ O = 5,9-8,0%; K ₂ O/Na ₂ O = 0,5-0,12; CaO = 2,2-4,5; La _N /Yb _N = 6,5-39,6; Eu/Eu* = 0,3-1,0; Magnesiana; Metaluminosa a peraluminosa.
Alcalina (Catingueira)	Álcali-feldspato granitos, quartzo-álcali-feldspato sienitos e sienogranitos	SiO ₂ = 67,8-76,9%; Na ₂ O + K ₂ O = 8,6-11,7%; K ₂ O/Na ₂ O = 0,7-2,9; CaO = 0,2-2,1%; La _N /Yb _N = 4,1 -7,3; Eu/Eu* = 1,2-2,9; Ferroso; Metaluminosa a peraluminosa.
Suíte alcalina charnoquítica (Umarizal)	Quartzo mangeritos e charnoquitos	SiO ₂ = 63,6-69,4%; Na ₂ O + K ₂ O = 8,6-10,4%; K ₂ O/Na ₂ O = 1,4-1,9; CaO = 1,1-2,3; La _N /Yb _N = 12,5-61,8; Eu/Eu* = 0,4-0,8; Ferroso; Metaluminosa.

Serra do Caramuru e Tapuio compõem a denominada suíte Dona Inês ou cálcio-alcálica de alto potássio equigranular. Segundo Nascimento et al. (2000, 2008, 2015), a suíte cálcio-alcálica de alto potássio equigranular é representada por monzogranitos equigranulares ou microporfíricos, de textura média a fina. Sua mineralogia essencial engloba oligoclásio, microclina, quartzo e, como minerais acessórios, têm-se biotita, hornblenda, titanita, epidoto, apatita, zircão, allanita, opacos e turmalina. Alguns autores reportam, ainda, a ocorrência de granada (McMurry et al., 1987a; Borges, 1996; Dantas, 1996). Essas rochas têm $\text{SiO}_2 = 66,7-76,5\%$, $\text{CaO} = 0,5-4,0\%$ e $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 6,7-9,8\%$, com altas razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (0,8-4,4). São rochas cálcio-alcálicas de alto potássio, ferrosas a magnesianas e peraluminosas a metaluminosas (Tabela 1). Possuem altos valores de La_N/Yb_N (0,4-588,2) e fortes anomalias negativas de európio ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,2-0,9$). As idades U-Pb disponíveis na literatura variam de 628 ± 11 Ma (granito Macaíba; Dantas, 1996; Tabela 2) a 520 ± 10 Ma (granito Picuí; Beurlen et al., 2009). Para o granito Dona Inês, dados de Rb-Sr indicam idades em torno de 550 Ma (Tabela 2; McMurry et al., 1987a; Borges, 1996), enquanto datações U-Pb em zircão mostram uma idade de 582 ± 5 (Guimarães et al., 2009). Para o magmatismo Serra do Caramuru, Loureiro (2012) encontrou idades de U-Pb em zircão (*laser ablation*) de $492,3 \pm 9$ Ma e $481,7 \pm 6$ Ma. Estes valores são claramente distintos daqueles calculados por Souza et al. (2016), que reportam 553 ± 10 Ma (intercepto superior) e 545 ± 18 Ma (intercepto inferior; $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, MSWD = 5,8; 12 grãos de zircão). *Stocks* correlatos e geograficamente próximos aos corpos Serra do Caramuru e Tapuio mostram datações de

ca. 550 Ma e 530 Ma (Figura 2; Tabela 2). Deste modo, optou-se por adotar a idade proposta por Souza et al. (2016) de 553 ± 10 Ma.

O MAGMATISMO SERRA DO CARAMURU

O magmatismo Serra do Caramuru (Figura 3) é composto pelos *stocks* Serra do Caramuru e Tapuio. Estes corpos são análogos litológicos, separados por uma estreita faixa de ortognaisses miloníticos, diferindo apenas pelas áreas de exposição das fácies magmáticas encontradas. Os *stocks* Serra do Caramuru e Tapuio, assim como todo o embasamento regional, são cortados por diques e *sheets* graníticos com orientação geral NE-SW. Na área de estudo ocorrem ainda diques de diabásio (Magmatismo Rio Ceará Mirim) e basaltos (Vulcanismo Macau), representantes do magmatismo básico cretácico-cenozoico (Souza et al., 2003; Knesel et al., 2011). Em mesoescala, as rochas do magmatismo Serra do Caramuru são isotrópicas, com estruturas primárias preservadas, marcadas por feições de fluxo magmático, tais como alinhamento de enclaves e fenocristais, que podem mostrar geometrias indicativas de critérios de cisalhamento. As unidades magmáticas foram identificadas com base em informações bibliográficas e cartográficas preliminares, produtos de sensoriamento remoto, levantamentos de campo, caracterização petrográfica e textural. Com base neste conjunto de critérios, foram interpretadas as diferentes fácies na seguinte sucessão magmática: diorítica; granítica porfírica; granítica equigranular I; granítica equigranular II; diques e *sheets* graníticos.

Tabela 2. Síntese das datações geocronológicas para a suíte cálcio-alcálica de alto potássio equigranular.

Corpos	Suíte Dona Inês / Cálcio-alcálica de Alto Potássio Equigranular		Autores
	Método/idade (Ma)		
	U-Pb	Rb-Sr	
Caxupu	541 ± 4		Medeiros et al. (2005)
Dona Inês		544 ± 16 557 ± 13	McMurry et al. (1987b) Borges (1996)
Dona inês (diques)	582 ± 5		Guimarães et al. (2009)
Granito a W/NW de Canaúba dos Dantas	528 ± 12 (em monazita)		Beurlen et al. (2009)
Picuí	520 ± 10 549 ± 4		Beurlen et al. (2009) Hollanda (2012)
Flores	450 553 ± 3,6		Dantas et al. (2005) Souza et al. (2016)
Macaíba	628 ± 11		Dantas (1996)
Acari	572 ± 5		Archanjo et al. (2013)
Serra do Caramuru	492,3 ± 9; 481,7 ± 6 553 ± 10		Loureiro (2012) Souza et al. (2016)
Serra da Macambira	532 ± 10		Souza et al. (2016)
Cerro Corá	527 ± 8		Hollanda (2012)
Serra da Rajada	557 ± 13		Costa et al. (2015)

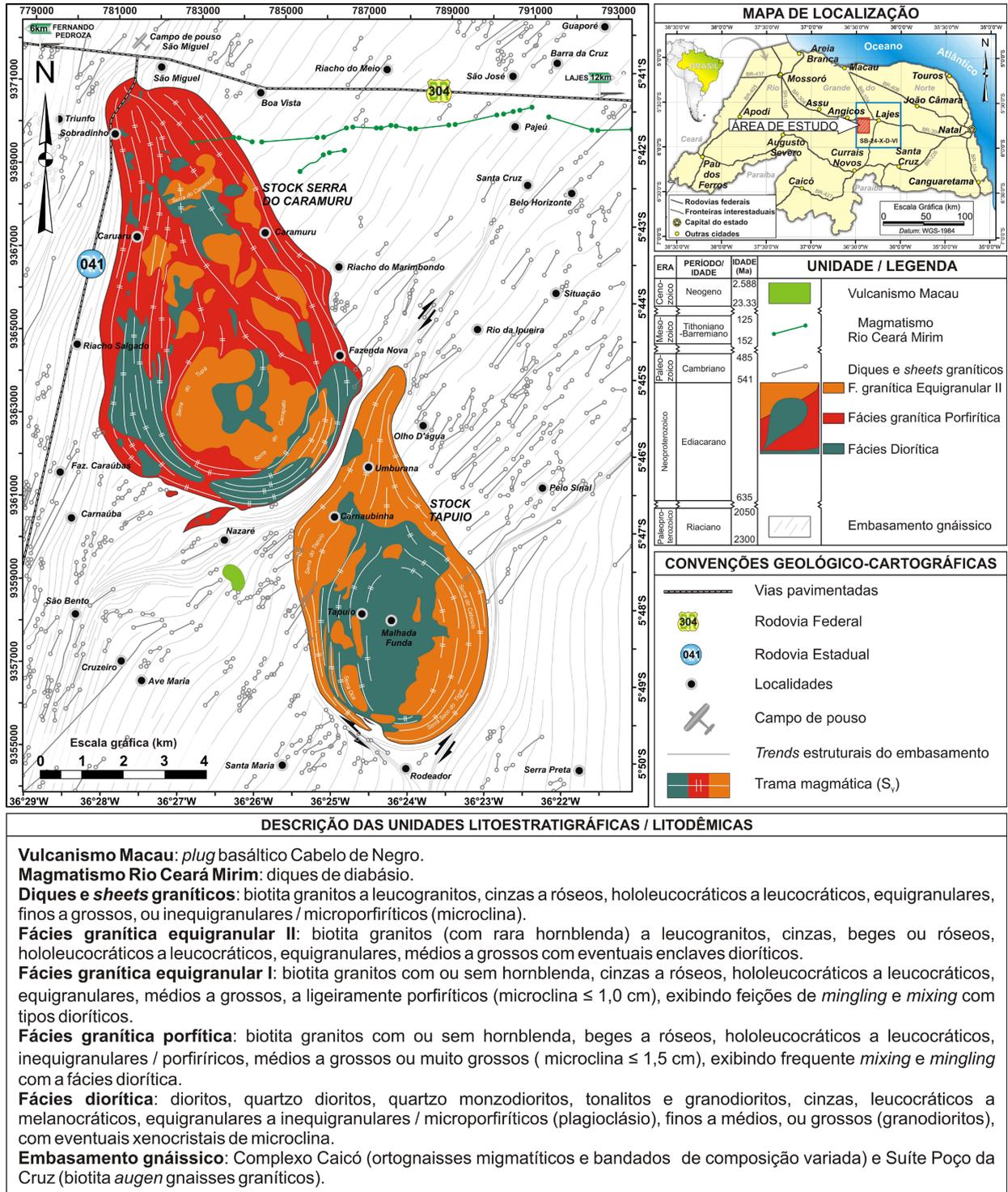


Figura 3. Mapa geológico simplificado da área de estudo com ênfase no magmatismo Serra do Caramuru e enxame de diques e sheets graníticos. Modificado de Macêdo Filho (2016).

Os dados modais de 55 seções delgadas (1000 pontos por lâmina) das fácies mapeadas foram lançados no diagrama QAP (Streckeisen, 1976) para classificação e nomenclatura (Figura 4).

A fácies diorítica é dada por enclaves de dimensões variadas que, com frequência, mostram xenocristais de microclina (Figura 5A), provenientes dos granitos hospedeiros – sobretudo das fácies graníticas porfírica e

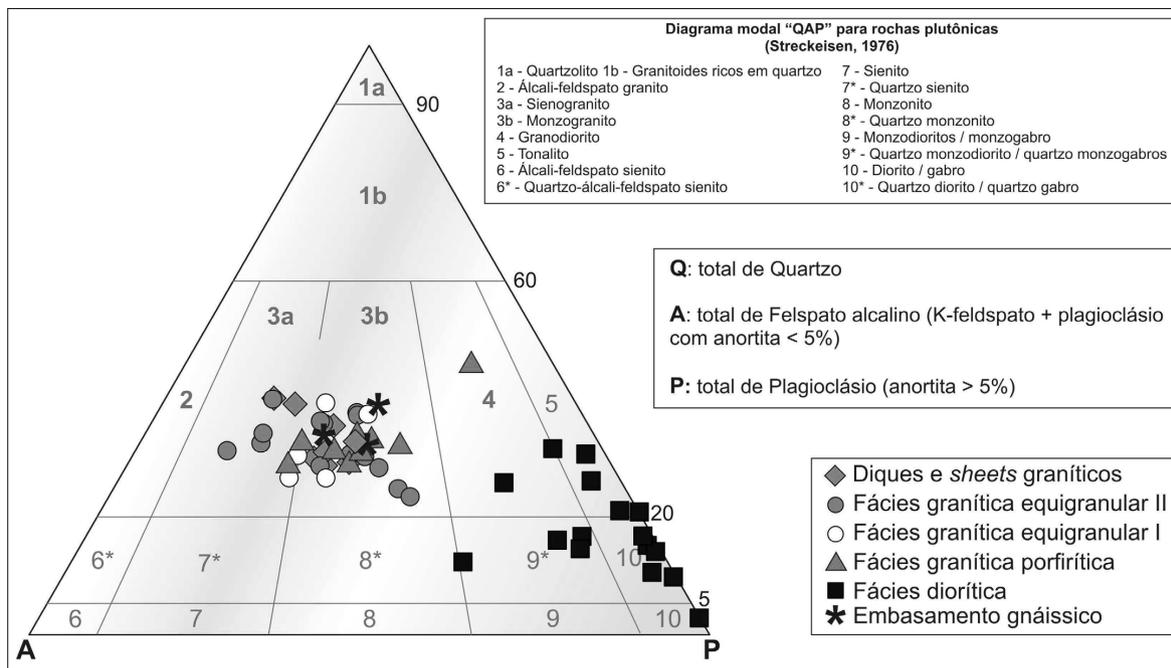


Figura 4. Diagrama QAP modal para classificação de rochas plutônicas, segundo Streckeisen (1976), com as amostras do magmatismo Serra do Caramuru, diques e sheets graníticos e embasamento gnáissico.

equigranular I, com as quais exibe abundantes feições de mistura. A coexistência com todas as fácies graníticas, desde as relativamente mais precoces até as mais tardias, sugere que os dioritoides tenham constituído pulsos recorrentes na evolução magmatismo Serra do Caramuru. Esta fácies engloba dioritos, quartzo dioritos (amostras A96, A24A, A5A, A21B e A19A), quartzo monzodioritos (amostras A55, A56A e 24B), tonalitos (amostras A2B e A31A) e granodioritos (amostras 18C e A18A). São tipos leucocráticos a melanocráticos, equigranulares a inequigranulares/microporfíricos, finos a médios, podendo exibir granulação grossa em granodioritos. Os feldspatos são oligoclásio a andesina e microclina, enquanto os minerais máficos mais importantes são biotita e hornblenda, além de quantidades variadas de titanita, apatita, minerais opacos e, raramente, clinopiroxênio e allanita.

As fácies graníticas são hololeucocráticas a leucocráticas, contendo oligoclásio, microlina e, como minerais acessórios, biotita, hornblenda, titanita, allanita, zircão, apatita e minerais opacos. A fácies granítica porfírica inclui monzogranitos, com ocorrências pontuais de sienogranitos e granodioritos, inequigranulares, médios a muito grossos, onde se destacam megacristais de microlina ($\leq 1,5$ cm; com inclusões de biotita e plagioclásio) e, eventualmente, agregados poliminerálicos máficos (biotita, hornblenda, titanita, apatita e opacos). Pode exibir grau de hibridismo variado (*mixing*) e feições de *mingling* (Figura 5A) com a fácies diorítica. A fácies granítica equigranular I é formada por monzogranitos e sienogranitos, equigranulares, médios a grossos, ou ligeiramente

inequigranulares porfíricos (microclina $\leq 1,0$ cm), exibindo *mixing e mingling* (predomínio do último; Figura 5B e 5D) com a fácies dioríticas e, mais raramente, com a fácies granítica equigranular II (Figura 5C). A fácies equigranular II inclui monzogranitos a sienogranitos equigranulares, médios a grossos. Diferencia-se da fácies equigranular I, por mostrar textura estritamente equigranular, feições de mistura mais raras com a fácies diorítica e eventual textura granofírica.

Os diques e *sheets* graníticos (Figura 5D) são hololeucocráticos a leucocráticos, variando de sienogranitos equigranulares, finos a médios, a monzogranitos equigranulares, médios a grossos, ou inequigranulares/microporfíricos, com mineralogia similar à das fácies graníticas, distinguíveis pela isenção de hornblenda e eventual ocorrência de granada e textura granofírica.

Todas as fácies ácidas exibem cristais zonados de allanita, zircão, plagioclásio e feldspato alcalino, além da presença de minerais de alteração do estágio pós-magmático, como clorita, mica branca, carbonato, epidoto e argilominerais. As características mineralógicas e texturais das fácies analisadas estão sumarizadas na Tabela 3.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas análises geoquímicas de 31 amostras contemplando as fácies diorítica (13), granítica porfírica (6), granítica equigranular I (3), granítica equigranular II (3) e diques e *sheets* graníticos (4), além de ortognaisses do Complexo

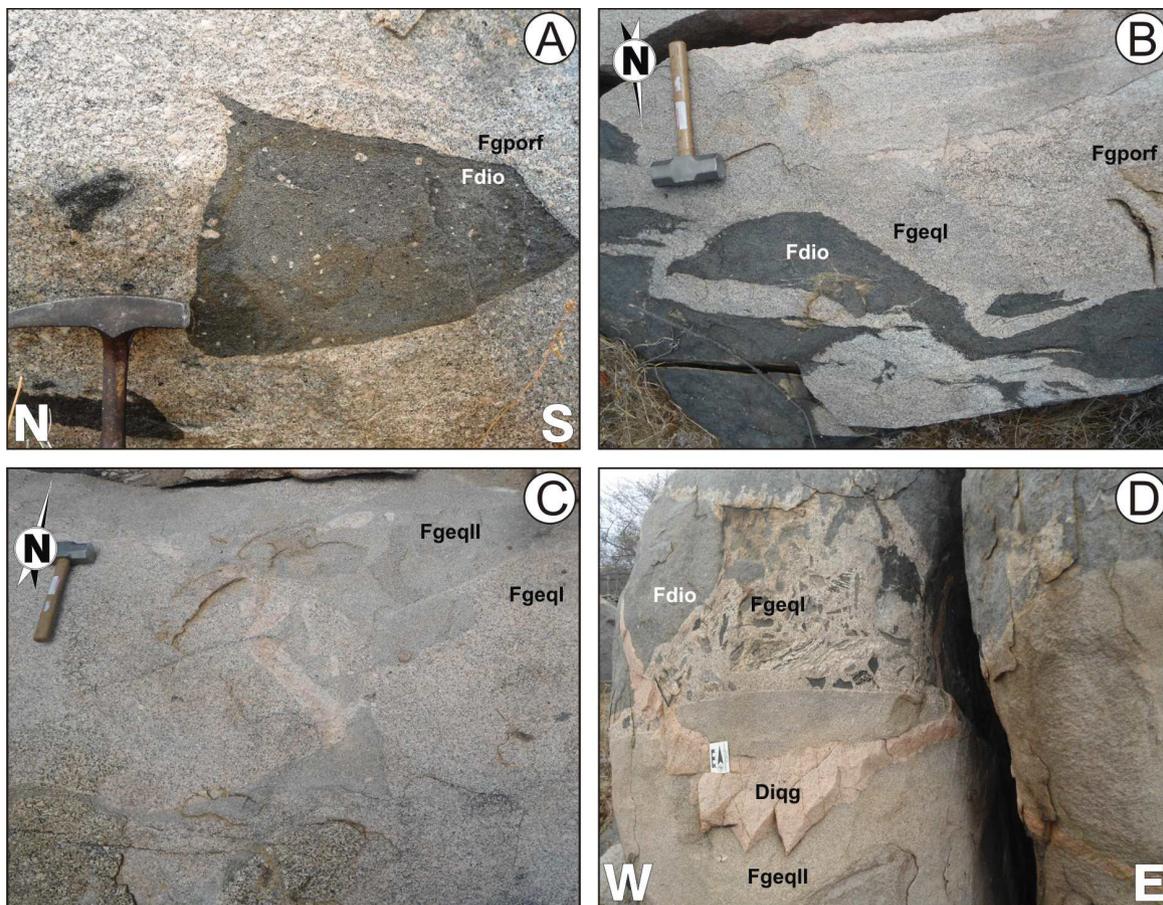


Figura 5. Feições de campo observadas para o magmatismo Serra do Caramuru e diques e *sheets* graníticos. (A) enclave diorítico (Fdio) com xenocristais de microclina em granito porfírico (Fgporf); (B) *mingling* entre as fácies diorítica (Fdio) e granítica equigranular I (Fgeql) truncando a fácies granítica porfírica (Fgporf); (C) coexistência entre as fácies granítica equigranular I (Fgeql) e equigranular II (FgeqlI); (D) associação entre as fácies diorítica (Fdio) e granítica equigranular I (Fgeql) mostrando relação de truncamento pela fácies granítica equigranular II. Todo o conjunto ainda é cortado por diques graníticos tardios (diqq).

Tabela 3. Sinopse mineralógica e textural das diversas fácies magmáticas estudadas.

Fácies	Mineralogia primária	Mineralogia secundária	Texturas
Diques e <i>sheets</i> graníticos	Microclina, quartzo, plagioclásio, ± biotita, ± titanita, apatita, ± opacos, ± allanita, ± zircão, ± granada	Clorita, mica branca, opacos, argilominerais, ± epidoto e carbonato	Pertita, mirmequita, ± granofírica
Granítica equigranular II	Microclina, quartzo, plagioclásio, biotita, ± hornblenda, ± titanita, apatita, ± opacos, ± allanita, ± zircão	Clorita, mica branca, opacos, argilominerais, ± epidoto e carbonato	Pertita, mirmequita, ± granofírica
Granítica equigranular I	Microclina, quartzo, plagioclásio, biotita, ± hornblenda, ± titanita, apatita, ± opacos, ± allanita, ± zircão	Clorita, mica branca, opacos, argilominerais, ± epidoto e carbonato	Pertita, mirmequita
Granítica porfírica	Microclina, quartzo, plagioclásio, biotita, ± hornblenda, ± titanita, apatita, ± opacos, ± allanita, ± zircão	Clorita, mica branca, opacos, argilominerais, ± epidoto e carbonato	Pertita, mirmequita
Diorítica	Plagioclásio, biotita, hornblenda, quartzo, microclina, titanita, apatita, opacos, ± clinopiroxênio, ± allanita, ± zircão	Argilominerais, opacos, ± clorita, ± mica branca, ± epidoto e carbonato	-

Caicó (2). Para a seleção das amostras foram consideradas a variação textural e de índice de cor em escala mesoscópica, além de aspectos petrográficos em escala microscópica. A fácies diorítica apresentou maior diversidade nos aspectos descritos, motivando a aquisição de um maior número de análises nesse conjunto. A preparação das amostras ocorreu no laboratório de moagem do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, onde foram britadas (1-3 cm) e pulverizadas a fração silte (75 μ m) em moinho de ágata. Os dados analíticos foram adquiridos por meio de espectrometria de plasma acoplado (ICP-MS) no Acme Analytical Laboratories Ltda (Vancouver, Canadá). Elementos maiores, traço e terras raras foram analisados após fusão por metaborato / tetraborato de lítio e digestão ácida. A perda ao fogo foi calculada pela diferença de peso após aquecer 0,2 g de amostra a 1000°C. O erro analítico é menor que 5% para os óxidos e de 10 a 15% para os elementos traço. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 4 a 9. Os dados

de elementos maiores e traço das unidades analisadas foram lançados em diagramas classificatórios, Harker, índice de saturação em alumina, espectro de elementos terras raras, séries magmáticas e ambientes tectônicos. Embora a relações de campo indiquem grupos amostrais com características genéticas distintas (fácies diorítica, graníticas e diques e *sheets* graníticos), os mesmos foram em sua maioria plotados em conjunto nos diversos diagramas para ilustração e análise dos seus comportamentos químicos.

GEOQUÍMICA

Comportamento dos elementos maiores e traço

A fácies diorítica é básica a intermediária, com SiO₂ variando entre 51,03% e 61,26%, enquanto as fácies graníticas são ácidas, mostrando teores de SiO₂ entre 64,55% a 75,40%.

Tabela 4. Composição de óxidos (% em peso) e elementos traço (ppm) para a fácies diorítica do magmatismo Serra do Caramuru.

Amostra →	Fácies diorítica												
	A96	A24A	A5A	A21B	A55	A19A	A56	A37B	A2B	A31A	A24B	A18C	A18A
SiO ₂	51,03	51,27	52,77	53,03	54,15	56,34	56,58	57,81	60,16	60,34	60,51	60,54	61,26
TiO ₂	2,47	1,83	2,06	1,95	1,40	1,44	1,42	1,85	1,60	1,50	1,55	1,20	1,37
Al ₂ O ₃	15,89	16,63	16,08	15,31	16,88	15,25	15,54	15,19	15,38	15,16	14,94	15,43	15,28
Fe ₂ O ₃ t	11,26	11,29	9,72	10,92	10,64	9,20	9,65	8,31	7,21	7,06	7,20	7,25	6,46
MnO	0,14	0,15	0,13	0,15	0,16	0,13	0,14	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,08
MgO	3,80	4,77	3,34	3,65	1,81	4,02	1,75	2,41	1,99	1,89	2,00	2,62	1,75
CaO	5,62	6,40	5,57	6,29	3,52	5,45	3,69	4,40	3,94	3,91	3,77	3,82	3,71
Na ₂ O	3,95	4,08	4,14	3,85	4,65	3,79	4,07	3,53	3,42	3,43	3,44	3,82	3,56
K ₂ O	2,97	2,45	3,80	2,62	4,79	2,72	4,71	4,01	4,39	4,37	4,47	4,17	4,59
P ₂ O ₅	1,22	0,58	1,03	0,57	1,04	0,49	0,98	0,89	0,80	0,70	0,68	0,39	0,58
PF	1,20	0,20	0,90	1,30	0,50	0,90	1,00	1,10	0,60	1,10	0,90	0,40	0,90
Total	99,55	99,65	99,54	99,64	99,54	99,73	99,53	99,60	99,58	99,55	99,55	99,74	99,54
Ba	1189	776	1237	1181	1574	697	1736	1564	1355	1492	1493	669	1565
Ga	18,6	20,4	18,5	22,5	23,5	19,7	23,2	18,7	18,8	19,0	19,6	20,2	19,2
Hf	6,2	5,2	7,3	6,6	13,3	4,8	13,0	11,2	11,2	12,4	12,9	5,3	11,8
Nb	35,7	26,6	33,6	31,3	69,6	25,6	55,9	35,6	32,6	33,8	32,9	31,8	33,2
Rb	66,7	50,8	157,9	74,2	100,4	86,1	104,1	131,4	126,8	128,9	165,0	177,2	145,3
Sc	13,0	15,0	15,0	17,0	10,0	14,0	11,0	11,0	11,0	10,0	10,0	8,0	9,0
Sr	844,7	532,7	653,0	531,7	410,4	455,8	409,1	612,4	469,6	511,7	495,5	418,6	529,5
Ta	2,1	1,6	2,0	3,2	3,5	1,6	3,2	1,9	1,9	2,1	2,7	2,0	1,9
Th	5,5	3,7	3,4	2,5	4,2	16,0	3,8	5,5	8,0	6,9	10,5	16,2	10,9
U	1,6	0,8	0,8	0,9	1,0	1,8	1,0	1,1	0,9	1,3	1,3	3,1	1,4
Y	35,0	29,9	34,8	35,9	51,2	32,4	50,1	39,6	35,3	38,8	37,1	26,8	39,4
Zr	267,5	228,8	315,0	276,8	608,0	199,3	592,6	473,3	470,2	496,2	537,4	195,2	520,5
Na ₂ O+K ₂ O	6,92	6,53	7,94	6,47	9,44	6,51	8,78	7,54	7,81	7,80	7,91	7,99	8,15
Na ₂ O/K ₂ O	1,33	1,67	1,09	1,47	0,97	1,39	0,86	0,88	0,78	0,78	0,77	0,92	0,78
Rb/Sr	0,08	0,10	0,24	0,14	0,24	0,19	0,25	0,21	0,27	0,25	0,33	0,42	0,27
A/CNK	0,80	0,79	0,76	0,74	0,74	0,80	0,80	0,84	0,88	0,87	0,86	0,87	0,87
A/NK	1,64	1,78	1,47	1,67	1,32	1,66	1,32	1,50	1,48	1,46	1,42	1,43	1,41

A/CNK = mol Al₂O₃/mol (CaO+Na₂O+K₂O); A/NK = mol de Al₂O₃/ mol (Na₂O+K₂O).

Tabela 5. Composição de óxidos (% em peso) e elementos traço (ppm) para as fácies graníticas do magmatismo Serra do Caramuru.

Amostra →	Fácies granítica porfírica					F. g. equigranular I			F. g. equigranular II			
	A2A	A15A	A5K	A5B	A58	A1A	A21A	A15B	A18E'	A31B	A3A	A37A
SiO ₂	64,55	69,16	69,40	69,70	70,03	72,13	66,63	69,24	74,65	67,01	73,29	75,40
TiO ₂	0,88	0,49	0,46	0,46	0,43	0,36	0,62	0,51	0,18	0,60	0,17	0,19
Al ₂ O ₃	15,14	14,40	14,12	13,90	14,27	13,60	15,02	14,49	13,28	15,12	13,88	12,45
Fe ₂ O _{3t}	5,15	3,25	3,31	3,20	3,30	2,66	4,85	3,29	1,26	3,38	1,52	1,66
MnO	0,06	0,05	0,05	0,02	0,06	0,03	0,07	0,05	0,02	0,02	0,01	0,03
MgO	0,90	0,63	0,55	0,56	0,94	0,42	0,78	0,69	0,25	1,06	0,21	0,25
CaO	2,31	1,67	1,58	1,37	1,76	0,95	1,80	1,63	1,23	2,10	0,63	1,02
Na ₂ O	3,72	3,47	3,45	3,52	3,68	3,16	3,64	3,66	3,37	3,36	2,79	2,99
K ₂ O	5,46	5,74	5,58	5,67	4,90	5,41	5,41	5,71	4,91	5,43	6,57	5,19
P ₂ O ₅	0,28	0,17	0,16	0,16	0,15	0,11	0,27	0,18	0,06	0,18	0,07	0,04
PF	1,10	0,70	1,10	0,75	0,30	0,90	0,60	0,30	0,60	1,30	0,60	0,70
Total	99,55	99,73	99,76	99,31	99,82	99,73	99,69	99,75	99,81	99,56	99,74	99,92
Ba (ppm)	1830,0	811,0	726,0	783,0	554,0	577,0	1058,0	800,0	661,0	1977,0	944,0	270,0
Ga	18,7	18,6	19,6	20,0	17,8	18,3	21,4	18,6	15,4	18,9	17,1	16,2
Hf	12,1	9,8	9,2	8,9	7,2	8,6	14,4	8,9	5,1	11,4	3,9	6,5
Nb	38,8	35,6	40,6	41,1	40,1	31,4	46,4	39,2	21,8	21,4	21,0	29,1
Rb	119,2	193,3	218,2	203,9	141,8	194,5	153,5	177,3	134,9	172,8	175,7	221,0
Sc	9,0	4,0	4,0	2,1	4,0	4,0	5,0	4,0	1,0	2,0	3,0	1,0
Sr	422,5	211,6	180,0	174,0	188,2	136,4	223,2	222,5	230,3	451,4	190,8	81,9
Ta	2,3	2,8	3,5	3,5	3,0	2,8	2,9	2,9	2,6	1,7	2,4	2,3
Th	12,4	23,9	23,7	24,9	18,1	35,6	21,6	26,8	45,4	38,7	29,2	50,8
U	2,4	2,4	2,8	2,5	4,4	3,0	2,4	2,2	4,2	1,1	2,6	8,2
Y	39,8	33,9	35,1	36,5	32,3	36,2	43,5	35,2	17,4	10,9	21,7	21,7
Zr	515,7	375,3	359,6	361,5	241,9	295,6	586,5	349,2	166,3	469,0	111,4	202,9
Na ₂ O+K ₂ O	9,18	9,21	9,03	9,19	8,58	8,57	9,05	9,37	8,28	8,79	9,36	8,18
Na ₂ O/K ₂ O	0,68	0,60	0,62	0,62	0,75	0,58	0,67	0,64	0,69	0,62	0,42	0,58
Rb/Sr	0,28	0,91	1,21	1,17	0,75	1,43	0,69	0,80	0,59	0,38	0,92	2,70
A/CNK	0,93	0,96	0,97	0,96	0,98	1,06	0,99	0,96	1,01	0,99	1,08	1,01
A/NK	1,26	1,21	1,21	1,17	1,26	1,23	1,27	1,19	1,22	1,33	1,19	1,18
Coríndon	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,91	0,68	0,00	0,46	0,32	1,30	0,12

A/CNK = mol Al₂O₃/mol (CaO+Na₂O+K₂O); A/NK = mol de Al₂O₃/ mol (Na₂O+K₂O).

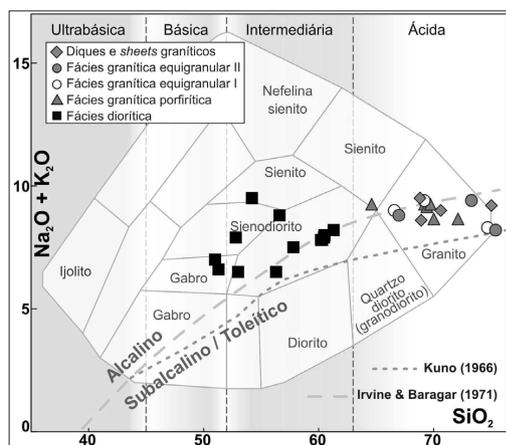


Figura 6. Diagramas TAS (Total de álcalis versus SiO₂) para classificação de rochas plutônicas, segundo Wilson (1989), com divisória dos campos alcalino e subalcalino (Kuno, 1966; Irvine e Baragar, 1971). K₂O, Na₂O e SiO₂ em peso.

No diagrama classificatório de Cox et al. (1979) adaptado por Wilson (1989) para rochas plutônicas, a fácies diorítica plota nos campos do gabro, sienodiorito e sienito, ao passo que as fácies ácidas constituem-se por granitos e sienitos subordinados (Figura 6).

A fácies diorítica (Tabela 4) apresenta conteúdos elevados de Al₂O₃, Fe₂O_{3t}, MgO, CaO, Na₂O, TiO₂, P₂O₅ e empobrecimento relativo em K₂O (2,45-4,79%). O inverso acontece com as fácies graníticas e diques e *sheets* graníticos que mostram valores comparativamente inferiores nos referidos óxidos (Tabelas 5 e 6) e enriquecimento relativo em K₂O (4,90-6,57%).

Diagramas binários utilizando sílica como índice de diferenciação (diagramas de Harker) foram empregados para análise de elementos maiores e traço, possibilitando inferir o comportamento destes elementos químicos durante a evolução magmática. Os elementos maiores (Figura 7) como Al₂O₃, Fe₂O_{3t}, MgO, CaO, Na₂O, TiO₂ e P₂O₅ exibem

Tabela 6. Composição de óxidos (% em peso) e elementos traço (ppm) para ortognaisses do Complexo Caicó e diques e *sheets* graníticos.

Amostra →	Embasamento		Diques e <i>sheets</i> graníticos			
	A6B	A6C	A7A	A30A	A11B	A4D
SiO ₂	68,96	69,19	68,76	68,86	70,64	74,95
TiO ₂	0,44	0,37	0,40	0,46	0,29	0,10
Al ₂ O ₃	15,39	15,31	15,09	14,69	14,57	13,27
Fe ₂ O ₃ t	2,64	2,47	3,06	3,10	2,35	1,10
MnO	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	<0,01
MgO	0,62	0,66	0,69	0,75	0,50	0,07
CaO	1,47	1,72	1,44	1,89	1,57	0,75
Na ₂ O	3,11	3,28	2,99	2,98	3,13	2,69
K ₂ O	6,12	5,89	6,45	5,60	5,88	6,49
P ₂ O ₅	0,16	0,12	0,21	0,15	0,10	0,02
PF	0,50	0,50	0,40	1,10	0,60	0,40
Total	99,43	99,53	99,52	99,61	99,66	99,84
Ba (ppm)	2187,0	2102,0	1810,0	1744,0	1728,0	192,0
Ga	16,1	16,1	18,2	17,2	15,0	20,2
Hf	9,3	7,9	10,5	10,5	7,9	5,7
Nb	9,0	11,3	7,5	20,4	8,7	58,2
Rb	153,0	165,9	177,7	185,7	185,8	192,7
Sc	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0
Sr	444,6	451,6	355,0	352,6	358,3	64,4
Ta	0,4	0,8	0,2	1,4	1,1	5,9
Th	44,5	37,1	73,8	55,8	42,5	26,2
U	1,0	1,7	1,3	1,2	1,9	5,1
Y	4,1	6,0	5,9	18,4	7,3	49,7
Zr	373,7	301,3	399,5	434,3	299,6	129,7
Na ₂ O+K ₂ O	9,23	9,17	9,44	8,58	9,01	9,18
Na ₂ O/K ₂ O	0,51	0,56	0,46	0,53	0,53	0,41
Rb/Sr	0,34	0,37	0,50	0,53	0,52	2,99
A/CNK	1,07	1,03	1,04	1,02	1,01	1,04
A/NK	1,31	1,30	1,27	1,34	1,27	1,16
Coríndon	1,45	0,63	1,06	0,73	0,44	0,37

A/CNK = mol Al₂O₃/mol (CaO+Na₂O+K₂O); A/NK = mol de Al₂O₃/ mol (Na₂O+K₂O).

decréscimo com a diferenciação, o que pode estar associado ao fracionamento de plagioclásio (Al, Ca, Na), biotita (Al, Fe, Mg, Ti), hornblenda (Al, Fe, Mg, Ca, Na, Ti), titanita (Ca, Ti), opacos (Fe, Ti), allanita (Al, Ca, Fe), apatita (Ca, P), granada (Fe, Al; em diques) e clinopiroxênio (Ca, Mg, Fe; em dioritos). O oposto ocorre com K₂O, que aumenta com a diferenciação, sugerindo a cristalização tardia de microclina.

Rb, U e Th mostram comportamento incompatível em todas as fácies, com baixos teores para as rochas dioríticas e relativo enriquecimento para as unidades ácidas (Figura 8). Esse padrão é atribuído ao fracionamento de K-feldspato (Rb) e allanita (U, Th) que são espécies minerais com maior frequência nas unidades ácidas. Sr, Sc e Eu exibem comportamento compatível, correlacionado ao fracionamento de plagioclásio (Sr, Sc, Eu), hornblenda (Sr, Sc, Eu), biotita (Sc), titanita (Sc, Eu) e apatita (Eu). Zr mostra dispersão para a fácies dioríticas e comportamento compatível para as unidades ácidas, correlacionada ao fracionamento de

zircão. As amostras de quartzo dioritos menos evoluídos (A96, A24A, A5A, A21B, A19A) exibem os menores valores em Zr, enquanto quartzo monzodioritos (A55, A56A, 24B) e tonalitos (A2B, A31A), no geral mais enriquecidas em SiO₂ e álcalis, possuem maiores concentrações no mesmo elemento. Porém, em granodioritos provenientes de um mesmo afloramento, os teores de Zr variam fortemente (18C [195,2 ppm]; A18A [520,5 ppm]), o que corrobora misturas magmáticas com granitoides hospedeiros como principal agente de dispersão. As amostras dioríticas exibem Ga, La e Yb distribuídos de modo paralelo ao eixo da sílica, enquanto as amostras ácidas tem correlação subparalela a negativa. Ga tende a se concentrar em minerais como hornblenda, biotita e plagioclásio.

Ao analisar os arranjos amostrais, é possível definir dois grandes grupos, um correspondente à fácies diorítica e outro definido pelas fácies ácidas. Os dioritos tendem a apresentar maior dispersão, que deve estar relacionada à

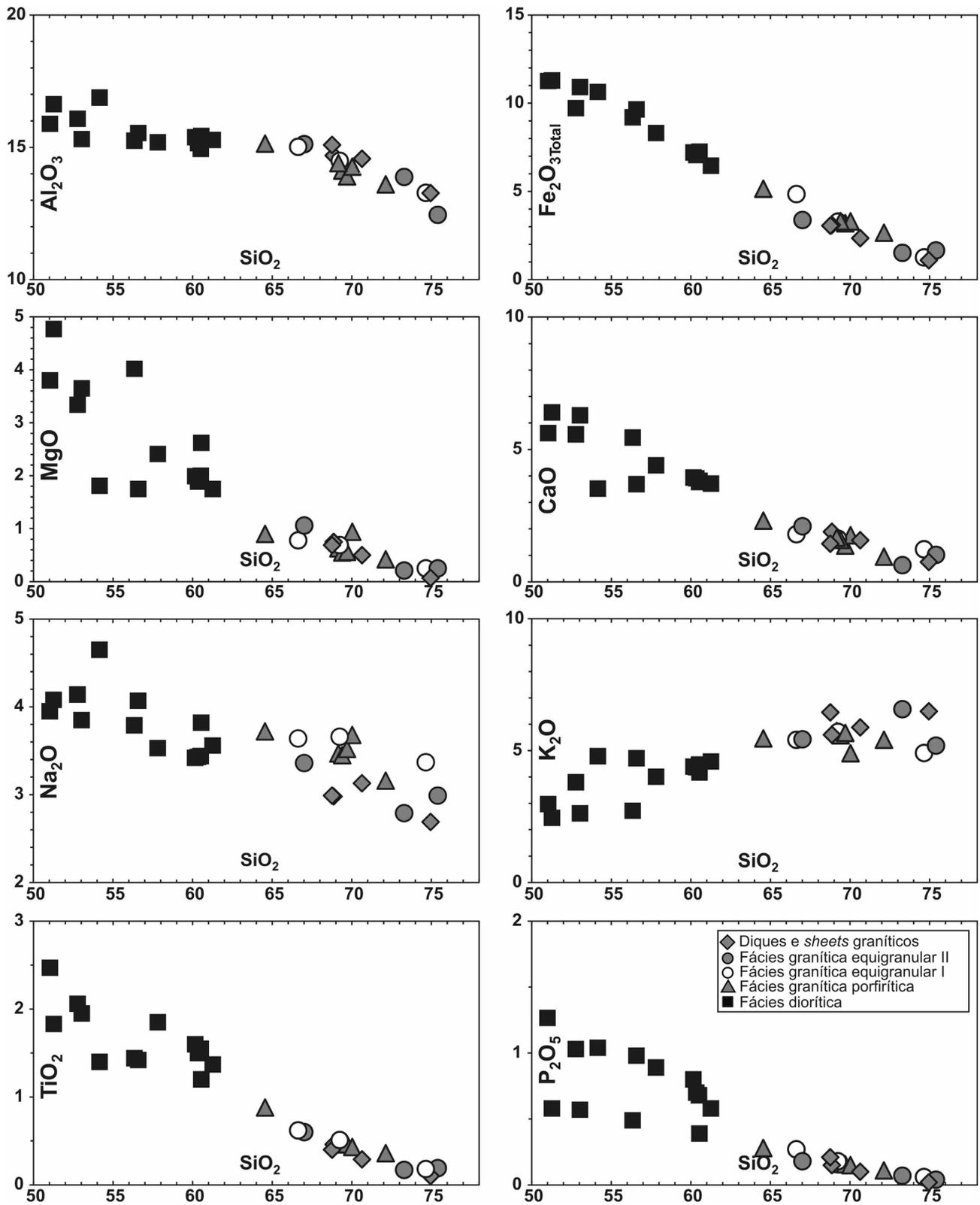


Figura 7. Diagramas binários tipo Harker para elementos maiores (% em peso), considerando SiO₂ (% em peso) como índice de diferenciação.

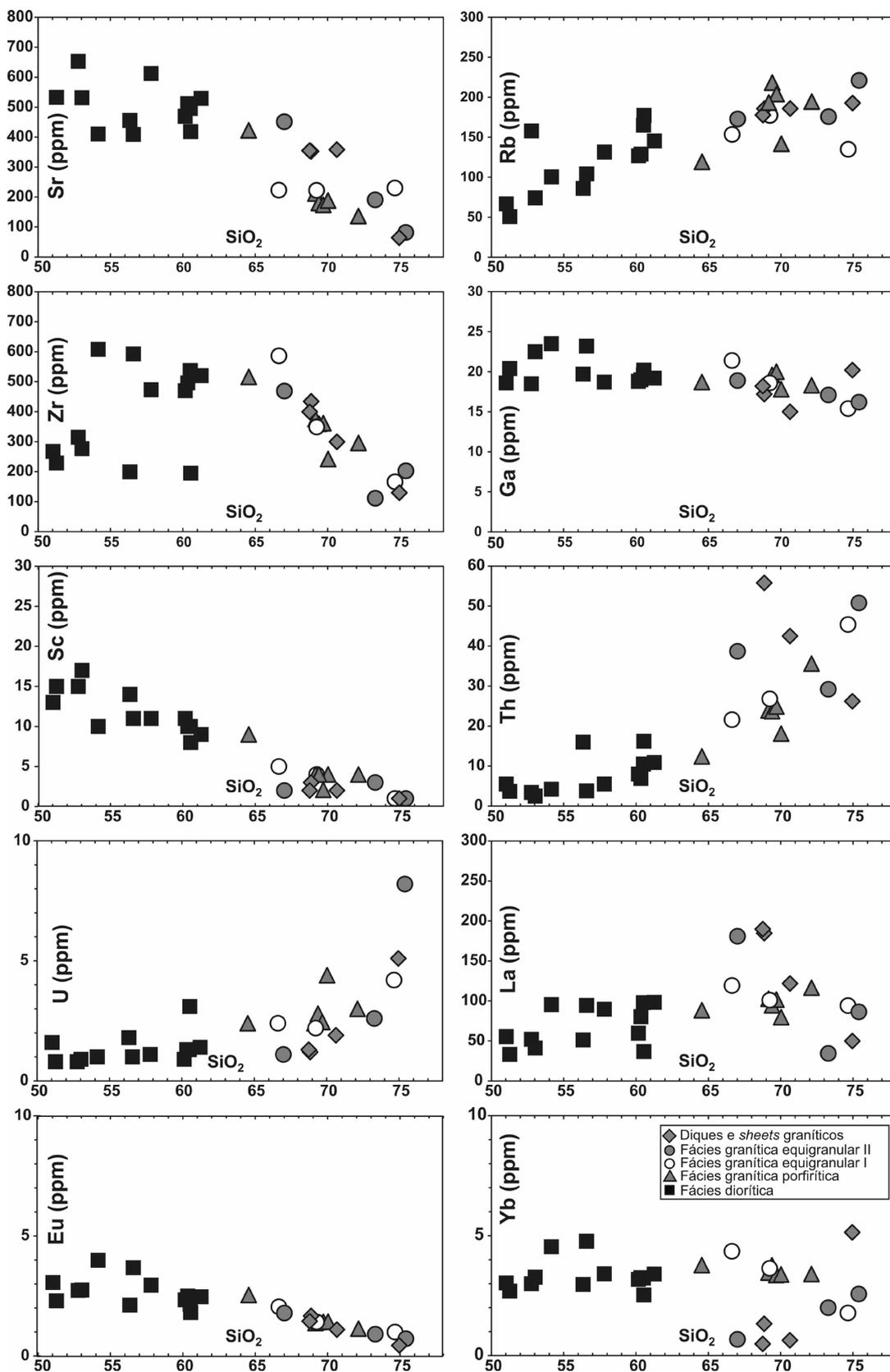


Figura 8. Diagramas binários tipo Harker para elementos traço (ppm), considerando SiO₂ (% em peso) como índice de diferenciação.

Tabela 7. Concentração de elementos terras raras (ppm) para a fácies diorítica do magmatismo Serra do Caramuru. Para normalização, foram usados valores do condrito segundo Sun e McDonough (1989).

Fácies diorítica													
Amostra →	A96	A24A	A5A	A21B	A55	A19A	A56	A37B	A2B	A31A	A24B	A18C	A18A
La	55,4	33,1	52,10	41,2	95,4	51,3	94,4	89,6	59,70	80,3	97,9	36,8	98,3
Ce	115,1	67,3	118,3	79,5	188,5	97,0	189,3	168,5	151,7	152,3	180,2	71,2	187,4
Pr	15,0	8,5	13,48	10,6	23,0	11,6	23,3	20,9	15,99	18,8	21,5	8,7	22,0
Nd	63,3	36,3	55,30	44,9	90,6	44,9	92,4	79,0	64,70	72,0	80,7	33,0	83,3
Sm	11,8	7,6	10,49	9,1	16,3	8,6	16,2	13,7	11,55	12,8	12,9	6,8	13,4
Eu	3,1	2,3	2,73	2,8	4,0	2,1	3,7	3,0	2,34	2,5	2,2	1,8	2,5
Gd	9,9	7,3	8,70	8,8	13,9	8,3	13,4	11,0	9,00	10,7	10,7	6,6	10,9
Tb	1,4	1,1	1,35	1,3	1,9	1,2	1,9	1,5	1,42	1,5	1,4	1,0	1,4
Dy	7,1	5,9	6,74	7,3	10,0	6,3	9,8	7,7	7,05	7,8	7,6	5,3	7,6
Ho	1,3	1,1	1,30	1,5	1,9	1,2	1,8	1,5	1,29	1,4	1,3	1,0	1,3
Er	3,3	3,0	3,53	3,8	4,9	3,4	5,3	3,9	3,51	3,9	3,6	2,8	3,7
Tm	0,5	0,4	0,52	0,5	0,7	0,5	0,8	0,5	0,51	0,6	0,5	0,4	0,5
Yb	3,0	2,7	3,00	3,3	4,5	3,0	4,8	3,4	3,18	3,3	3,2	2,5	3,4
Lu	0,4	0,4	0,45	0,5	0,6	0,4	0,7	0,5	0,45	0,5	0,5	0,4	0,5
ΣETR	290,4	177	277,9	214,9	456,2	239,7	457,6	404,6	332,3	368,2	424,2	178,3	436,2
(La/Yb) _N	13,11	8,83	12,46	9,04	15,07	12,39	14,20	18,85	13,47	17,72	21,74	10,43	20,74
(La/Sm) _N	3,04	2,80	3,21	2,93	3,78	3,83	3,77	4,22	3,34	4,05	4,91	3,50	4,75
(Gd/Yb) _N	2,70	2,25	2,40	2,23	2,53	2,30	2,32	2,66	2,34	2,71	2,74	2,15	2,64
Eu/Eu*	0,84	0,93	0,85	0,93	0,79	0,76	0,74	0,71	0,68	0,64	0,54	0,82	0,61

$$Eu/Eu^* = (Eu_N / [(Sm_N + Gd_N) / 2])$$

maior diversidade litológica, bem como aos níveis variáveis de mistura química e mecânica com os magmas graníticos hospedeiros. Já as fácies graníticas se agrupam em *trends* bem definidos ou exibem ligeira dispersão, sobretudo para os elementos traço. Diagramas de variação dos elementos maiores sugerem curvas de tendência com inclinações distintas para as fácies dioríticas e graníticas. No entanto, a não cogeneticidade entre dioritos e granitos torna-se mais evidente em diagramas de elementos traço como Zr, La e Yb que se distribuem dispersos ou subparalelos ao eixo da sílica com ligeira tendência positiva para rochas dioríticas e tendência negativa, moderada a forte para rochas graníticas. Os diques e *sheets* graníticos mostram comportamentos de elementos maiores similares às fácies graníticas; contudo, quando observados os diagramas de elementos traço, como Th e Yb, suas amostras tendem a expor maior dispersão.

Comportamento dos elementos terras raras

O estudo de elementos terras raras constitui um dos mais poderosos métodos de investigação dos processos envolvidos na gênese e evolução de granitoides (Nardi, 1989). De acordo com Sial et al. (1981), o padrão de terras raras em rochas ígneas depende das características da fonte e subsequente diferenciação. Esses autores ainda alertam que, durante a diferenciação, a abundância em terras raras pode mudar drasticamente, tornando obscura qualquer informação sobre a rocha-fonte.

A fácies diorítica [$8,83 \leq (La/Yb)_N \leq 21,74$] exibe um enriquecimento moderado em elementos terras raras leves [$2,80 \leq (La/Sm)_N \leq 4,91$], anomalias de európio desprezíveis a sutilmente negativas ($Eu/Eu^* = 0,54-0,93$) e elementos terras raras pesados pouco fracionados [$2,15 \leq (Gd/Yb)_N \leq 2,74$] (Tabela 7; Figura 9A). As fácies graníticas porfírica e equigranulares I e II mostram assinaturas similares [$12,34 \leq (La/Yb)_N \leq 190,82$], reforçando a cogeneticidade entre as mesmas. Tem valores moderados em elementos terras raras leves [$4,48 \leq (La/Sm)_N \leq 10,43$], com anomalias negativas de európio incipientes a moderadas ($Eu/Eu^* = 0,30-0,68$) e espectros de elementos terras raras pesados pouco a fortemente fracionados [$1,58 \leq (Gd/Yb)_N \leq 8,16$] (Tabela 8; Figuras 9B, 9C e 9D). Os diques e *sheets* graníticos [$6,96 \leq (La/Yb)_N \leq 277,84$] exibem resultados discrepantes, com espectros de elementos terras raras leves pouco fracionados [$4,21 \leq (La/Sm)_N \leq 11,70$] (Tabela 9; Figura 9E), anomalias negativas de európio moderadas a fortes ($Eu/Eu^* = 0,18-0,58$) e espectros de elementos terras raras pesados pouco a fortemente fracionados [$1,08 \leq (Gd/Yb)_N \leq 9,35$]. As amostras A7A, A11B e A30A, representando diques e *sheets* intrusivos em ortognaisses do embasamento, exibem importante fracionamento de elementos terras raras [$99,61 \leq (La/Yb)_N \leq 277,84$], tal como o embasamento encaixante [$175,61 \leq (La/Yb)_N \leq 373,87$] (Tabela 9; Figura 9F). Por outro lado, a amostra A4D, de dique cortando o *stock* Serra do Caramuru, exibe espectros pouco fracionados [$(La/Yb)_N = 6,96$] e fortes anomalias negativas de Eu ($Eu/Eu^* = 0,18$). Essas particularidades

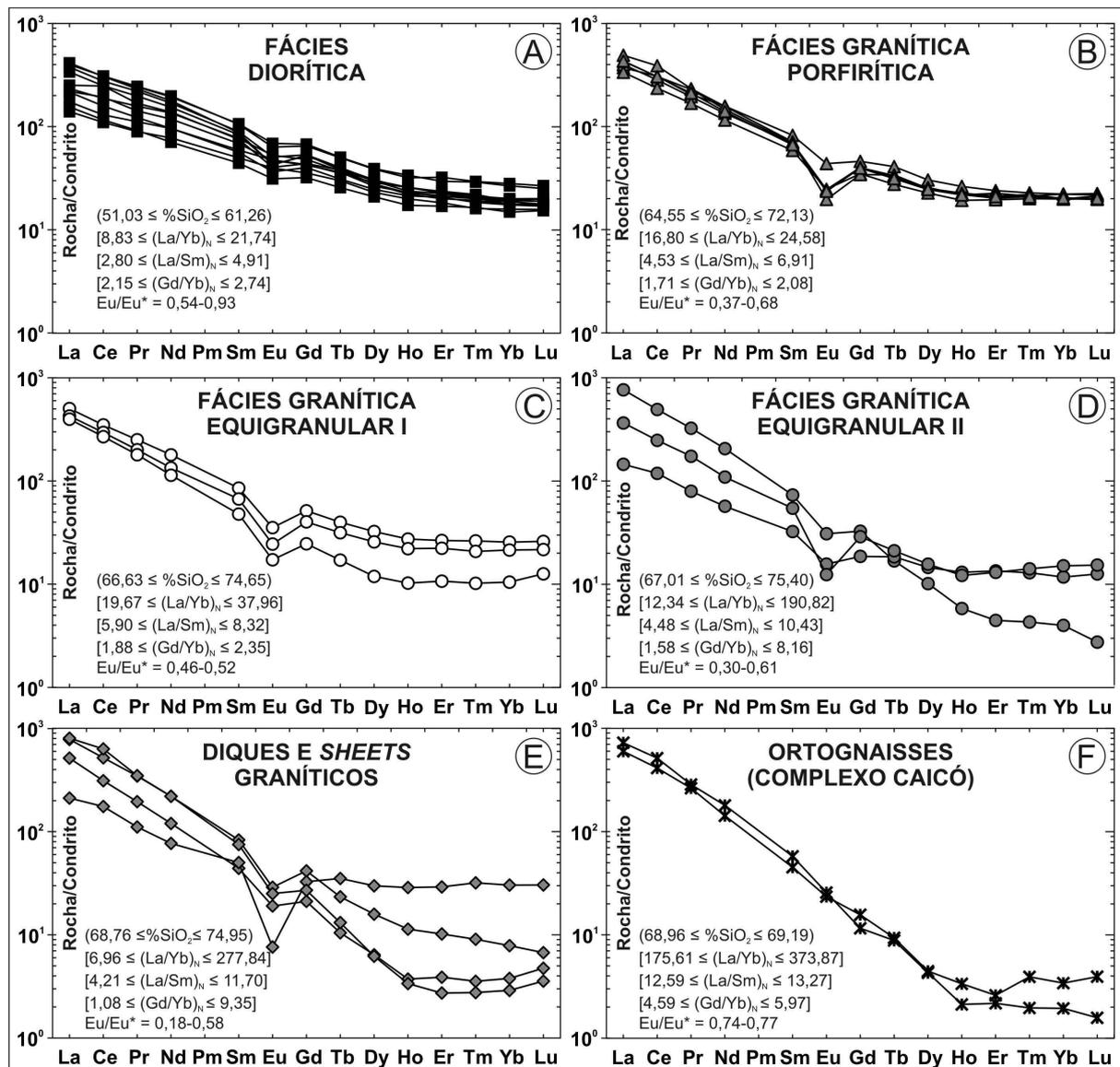


Figura 9. Espectros de elementos terras raras normalizados ao condrito de Sun e McDonough (1989): (A) fácies diorítica; (B) fácies granítica porfírica; (C) fácies granítica equigranular I; (D) fácies granítica equigranular II; (E) diques e *sheets* graníticos; e (F) ortognaisses graníticos do Complexo Caicó.

sugerem que o enxame de diques e *sheets* graníticos não são cogenéticos ao magmatismo Serra do Caramuru.

Com base nas associações minerais identificadas, é possível inferir que titanita, allanita e apatita são importantes assimiladores de elementos terras raras leves (La, Ce, Pr, Nd, Sm). A maior frequência de allanita nas fácies ácidas pode ter influenciado diretamente em um enriquecimento relativo nestes elementos. Figueiredo (1985) aponta granada, anfibólio, zircão e piroxênio como importantes assimiladores de elementos terras raras pesados. A permanência de alguns destes minerais no resíduo de fusão, ou o fracionamento precoce durante a diferenciação magmática, pode ter contribuído diretamente para o relativo empobrecimento em Gd, Tb, Dy,

Ho, Er, Tm, Yb e Lu observado nas fácies analisadas. Uma interpretação similar é dada para as anomalias negativas de Eu, que podem indicar o fracionamento de plagioclásio, apatita e hornblenda no magma parental – minerais com alto coeficiente de partição para Eu – ou a permanência destes no resíduo sólido de fusão parcial da fonte.

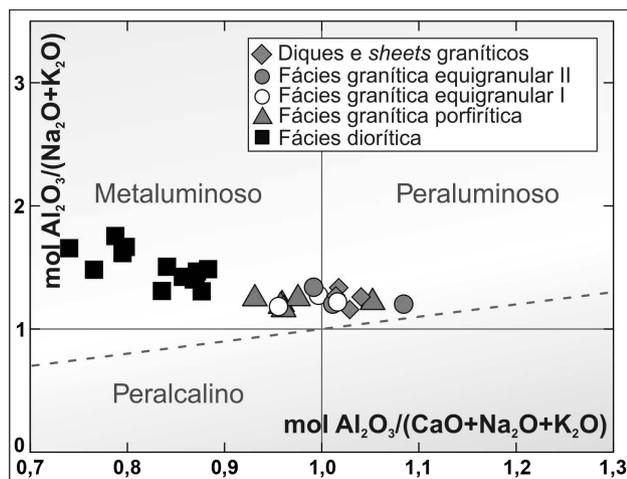
Saturação em alumina

O índice de saturação em alumina (Shand, 1943) considera as razões molares $A/CNK = \text{mol Al}_2\text{O}_3 / \text{mol de CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ versus $A/NK = \text{mol de Al}_2\text{O}_3 / \text{mol de Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, permitindo classificar as rochas como metaluminosas, peraluminosas

Tabela 8. Concentração de elementos terras raras (ppm) para as fácies graníticas do magmatismo Serra do Caramuru. Para normalização, foram usados valores do condrito segundo Sun e McDonough (1989).

Amostra →	Fácies granítica porfirítica					F. g. equigranular I				F. g. equigranular II		
	A2A	A15A	A5K	A5B	A58	A1A	A21A	A15B	A18E'	A31B	A3A	A37A
La	88,30	102,7	94,5	101,6	79,6	116,5	119,3	101,0	94,2	180,9	34,40	86,4
Ce	188,2	186,3	173,1	186,8	144,0	237,9	214,0	181,0	164,5	301,4	72,60	151,5
Pr	19,49	20,1	18,5	21,82	16,0	22,12	23,9	19,1	17,1	30,8	7,57	16,5
Nd	73,60	65,5	62,9	68,77	54,0	73,20	83,7	62,6	53,1	96,1	26,60	51,0
Sm	12,58	10,2	10,6	10,61	9,0	10,89	13,1	10,2	7,3	11,2	4,96	8,3
Eu	2,54	1,4	1,4	1,42	1,4	1,14	2,1	1,4	1,0	1,8	0,91	0,7
Gd	9,46	8,1	8,3	8,21	7,2	7,04	10,6	8,3	5,1	6,7	3,83	5,9
Tb	1,53	1,2	1,2	1,25	1,0	1,27	1,5	1,2	0,6	0,6	0,69	0,8
Dy	7,71	6,2	6,5	6,40	5,8	6,38	8,2	6,5	3,0	2,6	3,70	4,0
Ho	1,49	1,2	1,2	1,24	1,1	1,28	1,6	1,3	0,6	0,3	0,74	0,7
Er	3,96	3,5	3,7	3,35	3,2	3,50	4,4	3,7	1,8	0,7	2,23	2,2
Tm	0,58	0,5	0,5	0,53	0,5	0,56	0,7	0,5	0,3	0,1	0,33	0,4
Yb	3,77	3,5	3,8	3,36	3,4	3,40	4,4	3,6	1,8	0,7	2,00	2,6
Lu	0,55	0,5	0,6	0,51	0,5	0,50	0,7	0,6	0,3	0,1	0,32	0,4
ΣETR	413,7	410,9	386,8	415,9	326,7	485,6	487,8	400,9	350,6	634,0	160,8	331,3
(La/Yb) _N	16,80	21,29	18,03	21,70	16,89	24,58	19,67	19,90	37,96	190,82	12,34	24,11
(La/Sm) _N	4,53	6,50	5,77	6,19	5,72	6,91	5,90	6,37	8,32	10,43	4,48	6,69
(Gd/Yb) _N	2,08	1,94	1,82	2,02	1,75	1,71	2,01	1,88	2,35	8,16	1,58	1,91
Eu/Eu*	0,68	0,44	0,44	0,45	0,53	0,37	0,52	0,46	0,48	0,58	0,61	0,30

$$Eu/Eu^* = (Eu_N / ((Sm_N + Gd_N) / 2))$$

**Figura 10.** Índice de saturação em alumina para as amostras do magmatismo Serra do Caramuru e diques e *sheets* graníticos, segundo a classificação de Shand (1943), no diagrama de Maniar e Piccoli (1989).

ou peralcalinas. O índice de Shand no diagrama de Maniar e Piccoli (1989; Figura 10) mostra que a fácies diorítica é estritamente metaluminosa ($A/CNK = 0,88-0,74$), ao passo que as fácies graníticas porfirítica e equigranulares I e II são transitórias ($A/CNK = 1,08-0,93$), variando desde tipos metaluminosos a ligeiramente peraluminosos. Os diques

e *sheets* graníticos são ligeiramente peraluminosos ($A/CNK = 1,01-1,04$). As razões A/CNK de todas as amostras são inferiores a 1,1, limite que Chappell e White Junior (1974) utilizam para separar granitos tipo I ($A/CNK < 1,1$) de granitos tipo S ($A/CNK > 1,1$). Na Tabela 3, observa-se que todas as fácies, exceto diques e *sheets* graníticos, podem apresentar hornblenda. De acordo com Frost et al. (2001), a presença desse mineral se deve ao excesso de cálcio em rochas de caráter metaluminoso. Por outro lado, a eventual ocorrência de granada em diques e *sheets* graníticos pode estar associada à natureza ligeiramente peraluminosa dessas rochas.

Séries magmáticas

No diagrama total de álcalis versus SiO_2 de Lameyre (1987), a fácies diorítica dispersa-se entre as tendências alcalina e monzonítica, ao passo que as fácies graníticas e diques e *sheets* definem uma linhagem monzonítica (Figura 11A). A natureza transitória do magmatismo Serra do Caramuru é igualmente reforçada pelo diagrama de Wright (1969), onde as amostras distribuem-se na interface dos campos cálcio-alcalino e alcalino (Figura 11B). No diagrama Na_2O+K_2O-CaO versus SiO_2 de Frost et al. (2001), embora haja ligeira dispersão da fácies diorítica, a maioria das amostras, juntamente com as fácies graníticas e diques e *sheets* graníticos, concentram-se no campo álcali-cálcico (Figura 11C). No diagrama $FeOt/(FeOt+MgO)$ versus SiO_2

Tabela 9. Concentração de elementos terras raras (ppm) para ortognaisses do Complexo Caicó e diques e *sheets* graníticos. Para normalização, foram usados valores do condrito segundo Sun e McDonough (1989).

Amostra →	Embasamento			Diques e <i>sheets</i> graníticos		
	A6B	A6C	A7A	A30A	A11B	A4D
La	172,00	142,00	189,80	184,7	121,8	49,90
Ce	315,00	252,50	386,10	316,7	189,9	106,90
Pr	27,14	25,02	33,01	32,7	18,5	10,50
Nd	83,90	66,40	102,40	102,5	55,8	35,80
Sm	8,82	6,91	11,44	12,7	6,7	7,65
Eu	1,49	1,36	1,45	1,7	1,1	0,44
Gd	2,38	3,22	5,54	8,5	4,3	6,70
Tb	0,33	0,35	0,49	0,9	0,4	1,31
Dy	1,09	1,13	1,57	4,0	1,6	7,55
Ho	0,12	0,19	0,19	0,6	0,2	1,62
Er	0,36	0,43	0,45	1,7	0,6	4,80
Tm	0,05	0,10	0,07	0,2	0,1	0,81
Yb	0,33	0,58	0,49	1,3	0,6	5,14
Lu	0,04	0,10	0,09	0,2	0,1	0,77
ΣETR	613,05	500,29	733,09	668,42	401,82	239,89
(La/Yb) _N	373,87	175,61	277,84	99,61	136,51	6,96
(La/Sm) _N	12,59	13,27	10,71	9,41	11,70	4,21
(Gd/Yb) _N	5,97	4,59	9,35	5,31	5,58	1,08
Eu/Eu*	0,74	0,77	0,49	0,46	0,58	0,18

$$Eu/Eu^* = (Eu_N / [(Sm_N + Gd_N)/2])$$

de Frost et al. (2001), as amostras estão distribuídas entre os campos ferroso e magnésiano, com ligeira predominância do caráter ferroso para as rochas graníticas (Figura 11D), o que é compatível com o enriquecimento em álcalis observado.

No diagrama K_2O versus SiO_2 de Rickwood (1989), a fácies diorítica concentra-se no campo dos tipos shoshoníticos (Figura 11E). Esse diagrama foi utilizado apenas para classificação da fácies diorítica, já que não há definição de campos para rochas com $SiO_2 > 70\%$ e $K_2O > 4,5\%$ – o que é o caso de boa parte das amostras graníticas. Por fim, o diagrama K_2O versus Na_2O (Figura 11F) de Campbell et al. (2014) – desenvolvido para caracterizar shoshonitos em intrusões de alto potássio – confirma a assinatura shoshonítica para os dioritoides.

Correlacionando estes dados ao contexto regional, observa-se que as características químicas das fácies graníticas se alinham à suíte Dona Inês/cálcio-alcálica de alto potássio equigranular, ao passo que a fácies diorítica tem afinidade com a suíte São João do Sabugi/shoshonítica (Tabela 1) de Angelim et al. (2006) e Nascimento et al. (2000, 2008, 2015).

Diferenciação magmática

Segundo Cocherie (1986), a disposição de elementos traço compatíveis (na ordenada) versus incompatíveis (na abscissa) em um gráfico bilogarítmico pode ser utilizada para inferir o mecanismo principal de evolução. Nesta análise, a fusão

parcial gera uma curva côncava indicativa de pequena variação de concentração para elementos compatíveis, mas com grande variação para incompatíveis. O processo de mistura de magmas pode gerar uma grande variedade de curvas, mas com morfologia convexa, inversa aquela exposta pela fusão parcial. Por fim, quando a cristalização fracionada predomina, as amostras se arranjam definindo uma reta de forte declividade, sugestiva de importante diminuição para elementos compatíveis durante o processo.

As fácies graníticas do magmatismo Serra do Caramuru e diques e *sheets* graníticos, quando plotados nos diagramas Rb versus Zr e Rb versus Sr (Figuras 12A e 12B), sugerem a cristalização fracionada como mecanismo predominante. Por outro lado, quando os dioritoides são plotados em conjunto com os granitoides (diagramas Rb versus Sr e Rb versus Sc; Figuras 12C e 12D), definem uma trajetória convexa, sugestiva de mistura de magmas, que evolui para uma reta em direção as amostras graníticas, análoga a definida pelo mecanismo de cristalização fracionada. As relações de *mixing* e *mingling* observadas em campo, associadas a aspectos microtexturais como agregados de minerais máficos em granitos porfíricos e xenocristais de microclina dispersos na matriz de dioritoides, são evidências contundentes de mistura entre magmas contrastantes. Todavia, cristais zonados de plagioclásio (Figura 13A), allanita (Figura 13B) e até fases mais tardias, como microclina, reforçam a cristalização fracionada como processo importante na evolução do magmatismo Serra do Caramuru e diques e *sheets* graníticos.

Contexto tectônico

No Domínio Rio Piranhas-Seridó, são ausentes rochas ofiolíticas e de metamorfismo de alta pressão típicas de zonas de subducção. Deste modo, seu abundante plutonismo

cálcio-alcálico a cálcio-alcálico de alto potássio é correlacionado ao retrabalhamento crustal intracontinental ocorrido durante a orogênese Brasileira-Panafricana (Hollanda et al., 2003). Neste setor, o ápice de geração de granitoides coincide com o pico de deformação e metamorfismo em *ca.* 580 ± 30 Ma

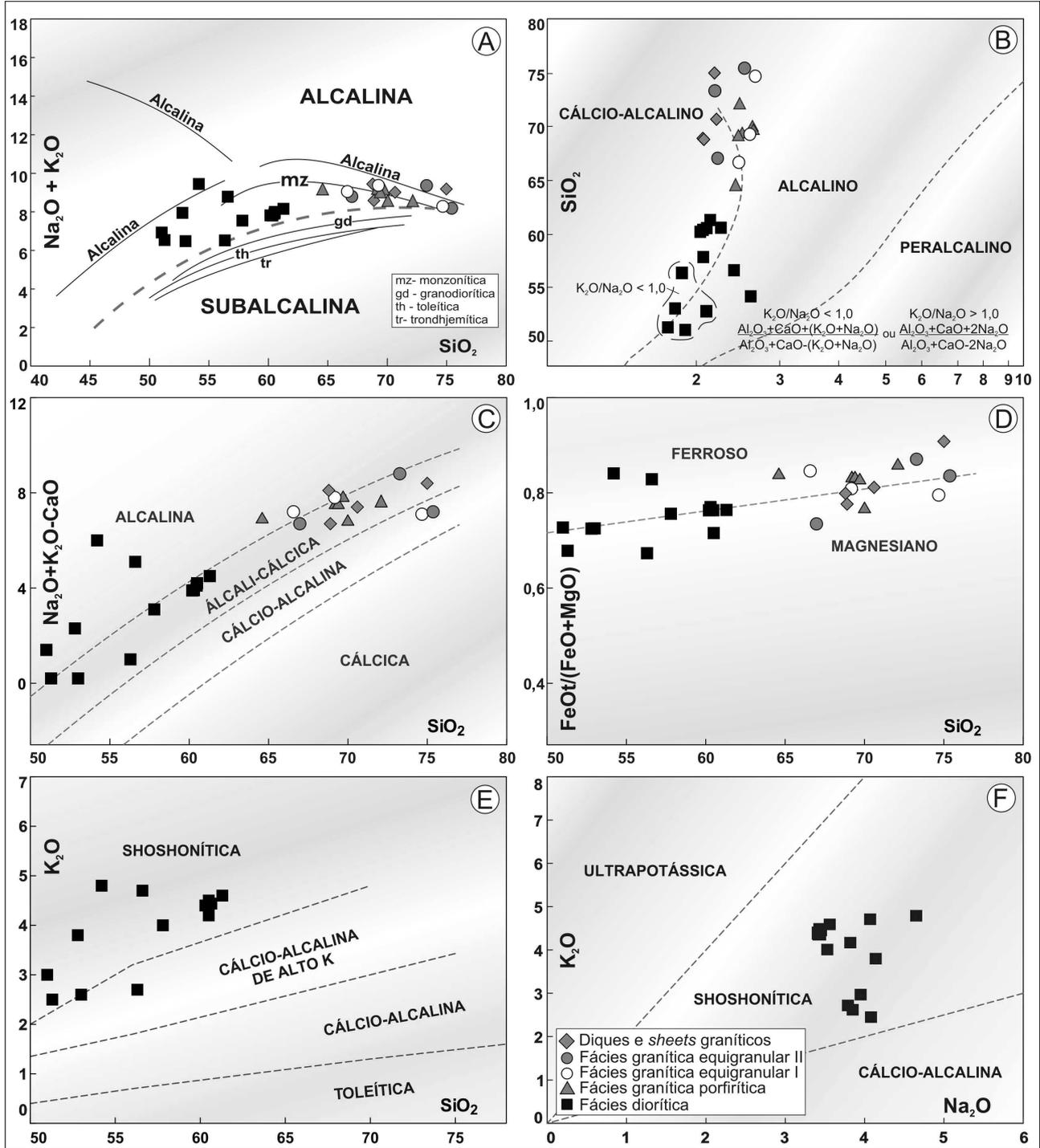


Figura 11. Diagramas discriminantes de séries magmáticas para o magmatismo Serra do Caramuru e diques e *sheets* graníticos: (A) Lameyre (1987); (B) Wright (1969); (C) e (D) Frost et al. (2001); (E) Rickwood (1989); e (F) Campbell et al. (2014).

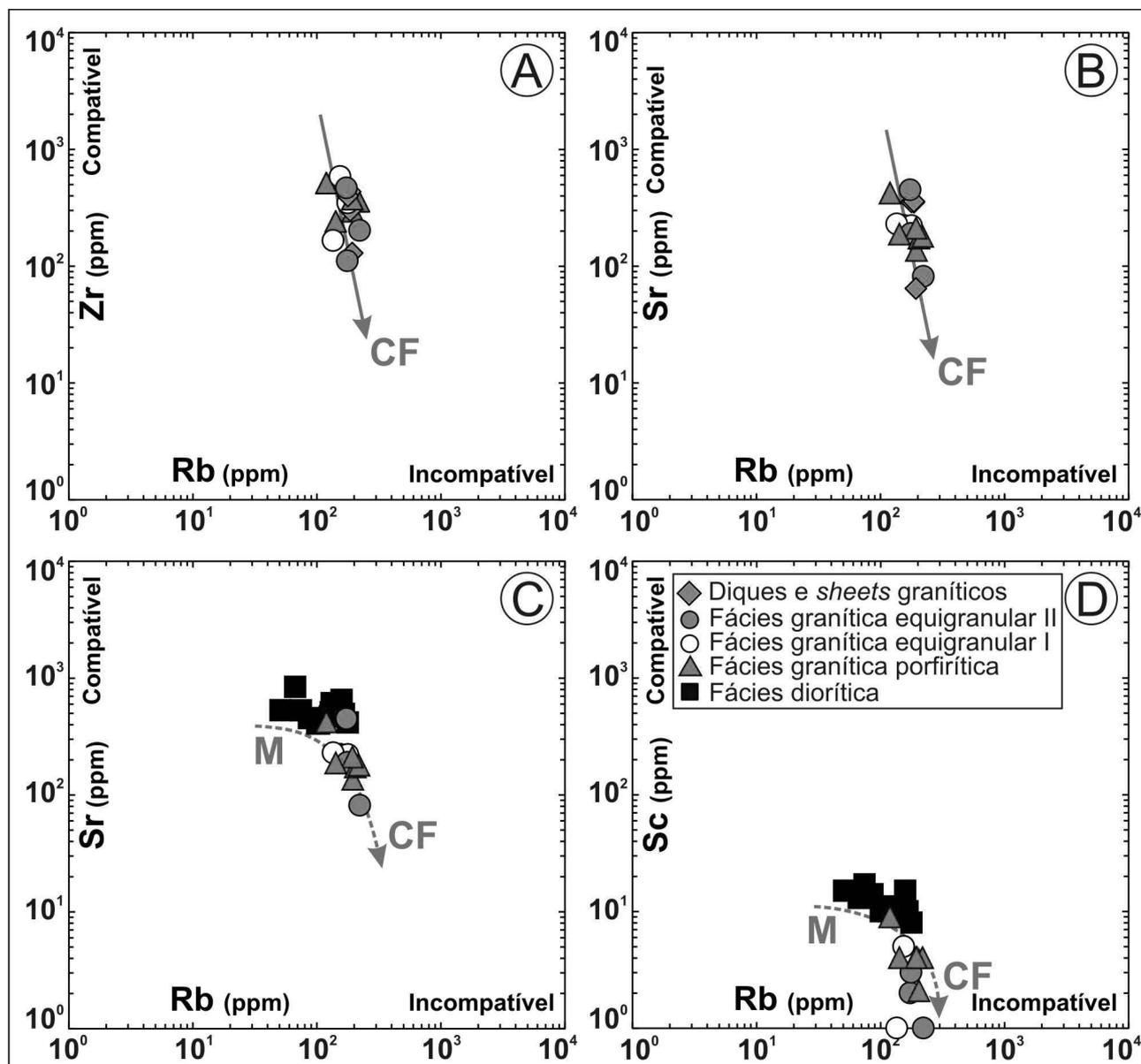


Figura 12. Diagramas bilogarítmicos de elementos incompatíveis versus compatíveis, indicadores de processo de cristalização fracionada (CF) e mistura de magmas (M); (A) diagramas Rb versus Zr; e (B) Rb versus Sr para o magmatismo Serra do Caramuru e diques e *sheets* graníticos; (C) diagramas Rb versus Sr; e (D) Rb versus Sc para as fácies diorítica e graníticas do magmatismo Serra do Caramuru.

(Hollanda, 2012). São ainda registradas recorrências de atividades plutônicas em torno de 550 Ma e 530 Ma. O magmatismo Serra do Caramuru documentado neste trabalho enquadra-se nestes pulsos tardios.

Pearce et al. (1984) desenvolveram diagramas discriminantes de ambientes tectônicos para análise de granitos (*lato sensu*; rochas com quartzo modal > 5%), permitindo individualizar ambientes colisionais, intraplaca, arco vulcânico e cadeia oceânica, além dos granitos pós-colisionais, cujo comportamento dos elementos traço pode variar bastante, a depender da

espessura e composição da litosfera continental hospedeira. O diagrama Rb versus (Y+Nb) de Pearce et al. (1984) foi reformulado por Pearce (1996), que adicionou o campo de granitoides pós-colisionais – sobreposto parcialmente pelos campos sincolisional, intraplaca e arco vulcânico. O autor justificou que essas rochas se caracterizariam por fontes distintas, as quais levariam a tal dispersão. Neste diagrama, as amostras do magmatismo Serra do Caramuru exibem afinidade de arco magmático e intraplaca, todavia restritas ao campo de granitoides pós-colisionais (Figura 14A).

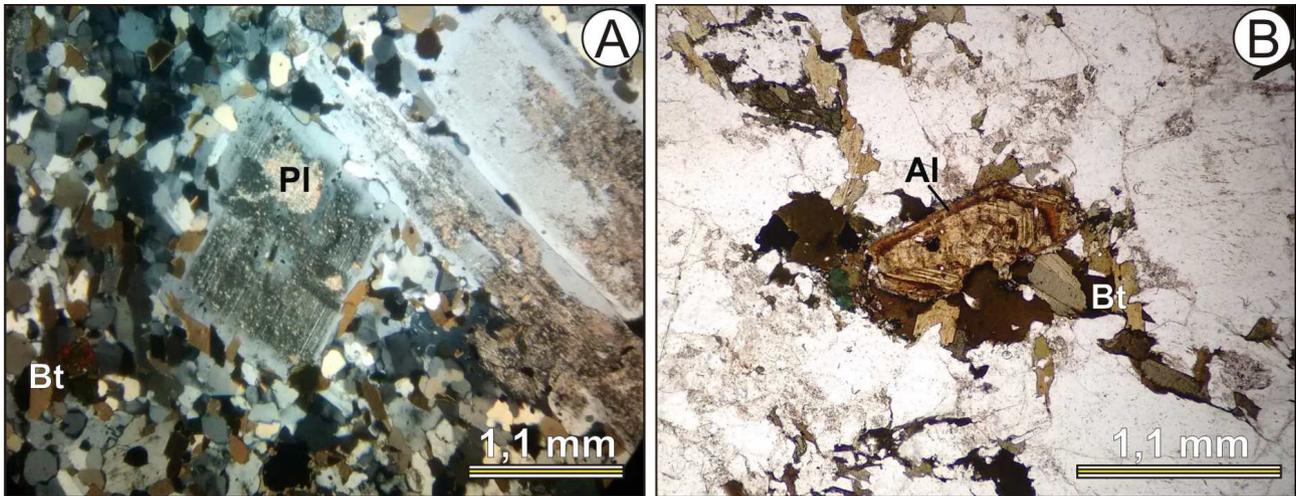


Figura 13. Cristais zonados de plagioclásio e allanita, indicativos do processo de cristalização fracionada; (A) plagioclásio [Pl] em tonalito microporfírico da fácies diorítica. Nicóis cruzados; (B) allanita em monzogranito da fácies granítica equigranular I. Nicóis paralelos.

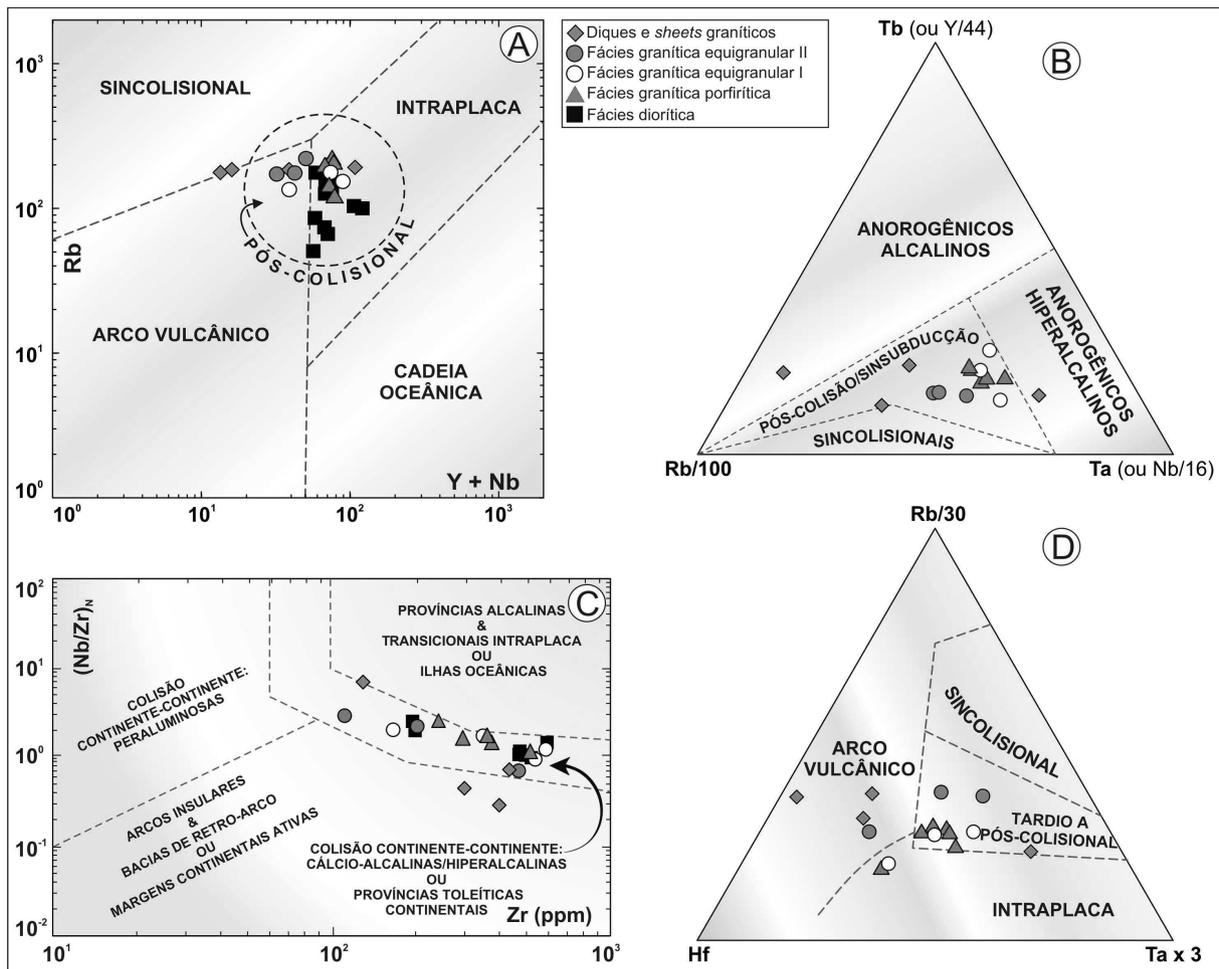


Figura 14. Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos para as amostras do magmatismo Serra do Caramuru e diques e *sheets* graníticos. (A) Diagrama Rb versus (Y+Nb) de Pearce (1996); (B) diagrama ternário Tb (ou Y/44), Rb/100 e Ta (ou Nb/16) de Thiéblemont e Cabanis (1990); (C) diagrama Zr versus $(Nb/Zr)_N$ de Thiéblemont e Téguey (1994); e (D) diagrama ternário Rb/30-Hf-Ta \times 3 de Harris et al. (1986).

No diagrama ternário Tb(ou Y/44)-Rb/100-Ta(ou Nb/16) de Thiéblemont e Cabanis (1990), desenvolvido para rochas ígneas com sílica $\geq 65\%$ e Ta < 35 ppm, as fácies graníticas porfirítica e equigranulares I e II exibem afinidade pós-colisional/sinsubducção (Figura 14B), ao passo que os diques e *sheets* graníticos mostram dispersão nos campos anorogênicos alcalinos, pós-colisionais/sinsubducção e anorogênicos hipercalinos. O diagrama Zr versus $(Nb/Y)_N$ de Thiéblemont e Téguy (1994), normalizado para o manto primitivo ($Nb = 0,6175$; $Zr = 9,714$), foi desenvolvido para rochas ígneas com sílica $\geq 55\%$. Neste diagrama, as amostras do magmatismo Serra do Caramuru concentram-se nos campos de rochas cálcio-alcalinas/hipercalinas de zonas colisionais continentais (Figura 14C), enquanto diques e *sheets* exibem

dispersão. Por fim, no diagrama ternário Rb/30-Hf-Tax3 de Harris et al. (1986; Figura 14D), o comportamento das fácies graníticas porfirítica e equigranulares I e II coadunam os resultados dos demais diagramas, concentrando-se no campo tardi- a pós-colisional.

Os resultados dos diagramas anteriormente mencionados são confirmados pelos diagramas multielementares de Pearce et al. (1984), onde as fácies graníticas porfirítica e equigranulares I e II (Figuras 15A, 15B e 15C) possuem enriquecimento relativo em Rb, Th, Ce, Sm e empobrecimento em Ba, Nb e Hf, definindo assinaturas similares às de granitoides pós-colisionais. Os diques e *sheets* graníticos mostram comportamento destoante (Figura 15D), podendo exibir importante enriquecimento em Rb, Th, Ce e forte

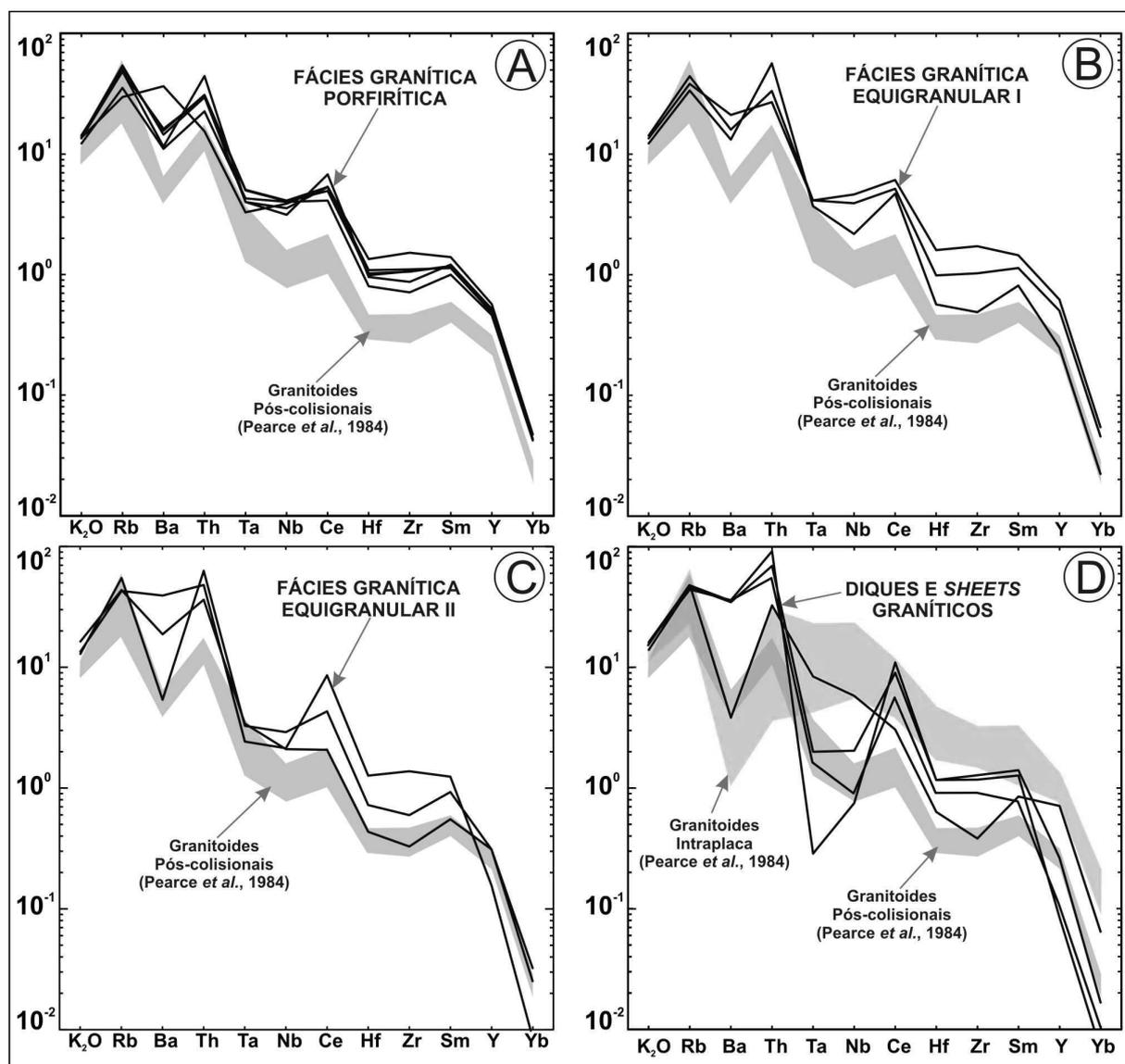


Figura 15. Diagramas multielementares, com base na metodologia de Pearce et al. (1984), para as fácies graníticas (A) porfirítica; (B) equigranular I; (C) equigranular II; e (D) diques e *sheets* graníticos.

a fraca depleção em Ba e Ta, definindo padrões que se aproximam aos de granitoides intraplaca e pós-colisionais. Nesta análise, a fácies diorítica não foi considerada, já que os autores adotam como parâmetro comparativo amostras com sílica em torno de 70%.

DISCUSSÃO

O magmatismo Serra do Caramuru exhibe notável diversidade de fácies magmáticas, onde tipos dioríticos coexistem com granitos porfiríticos e equigranulares I e II. Estas rochas são cortadas por diques e *sheets* graníticos tardios. Biotita granitos equigranulares a ligeiramente porfiríticos, com eventuais associações de enclaves dioríticos e diques graníticos tardios, são igualmente reportados por Silva e Souza (2012a, 2012b) e Costa et al. (2015) para os corpos Serra da Macambira e Serra da Rajada, geograficamente próximos (Figura 2).

A evolução do magmatismo Serra do Caramuru é assinalada por duas principais fontes/processos de geração, de modo que o primeiro pulso magmático – fácies diorítica – possui caráter básico a intermediário de provável origem mantélica. Durante a ascensão na crosta, o magma básico a intermediário induziu calor, propiciando a fusão parcial do embasamento encaixante, originando assim, magmas ácidos – fácies graníticas – com os quais exhibe feições *mixing* e *mingling*. Sallet et al. (2015) demonstram, por meio de estudos geoquímicos e isotópicos no batólito de Acari, que rochas shoshoníticas não constituem o magma parental dos tipos félsicos (granitos). Para Neves et al. (2000) e Holanda et al. (2003), os altos teores de K_2O , Sr e Nd radiogênicos das rochas máficas presentes em granitoides neoproterozoicos da Província Borborema corroboram a fusão parcial do manto superior. Holanda et al. (2003) apontam processos de delaminação litosférica ou percolação de fluidos ao longo de zonas de cisalhamento neoproterozoicas como prováveis mecanismos desencadeadores da fusão parcial do manto superior. Contudo, para o magmatismo Serra do Caramuru, o mecanismo mais compatível seria a fusão por descompressão (Harris et al., 1986; Pitcher, 1987; Brown, 1994), associada a episódios de colapso gravitacional do orógeno, durante o estágio pós-colisional.

Características químicas como teores de $Na_2O > 3,2\%$, razões A/CNK $< 1,1$ e coríndon normativo $< 1\%$, além da presença da associação biotita + magnetita + titanita (\pm hornblenda) em equilíbrio, permitem correlacionar as fácies graníticas do magmatismo Serra do Caramuru a granitos crustais tipo-I de Chappell e White Junior (1974) ou “magnetita granitos” de Ishihara (1977). Os teores elevados de K, Ba, Sr e Rb observados nas fácies graníticas do magmatismo Serra do Caramuru sugerem baixas taxas de fusões ou uma fonte enriquecida nestes elementos – ortognaisses graníticos do embasamento satisfazem estas

condições. De acordo com Loureiro (2012), os valores de ϵ_{Nd} (-10) e altas razões $^{87}Sr/^{86}Sr$ observadas em enclaves máficos do magmatismo Serra do Caramuru são coerentes com a fusão parcial do manto litosférico, enquanto valores de ϵ_{Nd} fortemente negativos (≈ -20) e grande espalhamento dos valores da razão $^{87}Sr/^{86}Sr$ das rochas graníticas sugerem fusão parcial da crosta continental. Entretanto, vale salientar que o autor baseou-se na idade de 490 Ma, que é distinta daquela adotada no presente trabalho (553 ± 10 Ma; Souza et al., 2016). Segundo Costa et al. (2015), amostras graníticas do corpo Serra da Rajada (Figura 2) forneceram a idade modelo T_{DM} (Sm-Nd) de 2,36 Ga e valores de ϵ_{Nd} (557 Ma) em torno de -20,1, o que foi interpretado pelos autores como um magma de origem crustal, com protólito atribuído a rochas do Complexo Caicó. Estudos realizados por Souza et al. (2016) na porção norte da Província Borborema mostram que a composição química da maioria dos granitos neoproterozoicos imita suas fontes crustais, com magmas tipicamente ricos em potássio. Estes autores apontam ainda como evidências da reciclagem crustal neoproterozoica a presença generalizada de cristais de zircão herdados e baixos valores de ϵ_{Nd} (600 Ma) para rochas plutônicas.

Os *stocks* Serra do Caramuru e Tapuio possuem trama magmática bem preservada, ausência de minerais metamórficos e são estruturalmente isotrópicos, alinhando-se na direção NNW-SSE, com relações de contato discordantes da trama dúctil do embasamento gnáissico. Os dados de campo e diagramas discriminantes envolvendo óxidos e elementos traço sugerem um alojamento em condições de relativa estabilidade tectônica, ou seja, em um ambiente pós-colisional (relaxamento crustal). Correlaciona-se ao estágio pós-colisional um volumoso magmatismo cálcio-alcalino de alto potássio (Lameyre e Bowden, 1982; Pitcher, 1987; Barbarin, 1999) associado a rochas shoshoníticas subordinadas (Harris et al., 1986; Liégeois et al., 1998). No contexto regional, as características petrográficas e geoquímicas da fácies diorítica são compatíveis com a suíte São João do Sabugi/shoshonítica, ao passo que as fácies graníticas correlacionam-se a suíte Dona Inês/cálcio-alcalina de alto potássio equigranular, referidas por Angelim et al. (2006) e Nascimento et al. (2000, 2008, 2015).

No escudo da Nigéria, Tubosun et al. (1984), Dada (1998) e Ferré et al. (2002) apontam um volumoso plutonismo granítico e generalizada migmatização entre 620-580 Ma. Na Faixa Camarões, Kwékam et al. (2010) indicam que o pico do magmatismo ocorreu em torno de 580 Ma. Na Faixa Seridó (\approx Domínio Rio Piranhas-Seridó), correlaciona-se o ápice da granitogênese brasileira ao pico de deformação/metamorfismo ocorrido em *ca.* 580 ± 30 Ma (Jardim de Sá, 1994), com recorrências de atividades plutônicas em 550 Ma e 530 Ma (Holanda, 2012). As idades U-Pb de rochas shoshoníticas neste setor da Província Borborema variam de 599 ± 16 Ma (Norito de Poço Verde; Dantas, 1996) a 579 ± 7 Ma (corpo Acari; Leterrier et al., 1994; Jardim

de Sá, 1994). Recentemente, Souza et al. (2016) dataram rochas gabroicas na região de Lajes (RN) em 543 ± 21 Ma, comprovando atividade plutônica de natureza básica a intermediária até o limiar Ediacarano-Cambriano.

O quimismo, petrografia e texturas unidos a idade geocronológica U-Pb em zircão de 553 ± 10 Ma (Souza et al., 2016) permitem correlacionar o magmatismo Serra do Caramuru ao grupo de granitoides pós-colisionais de natureza cálcio-alcalina de alto potássio equigranular do extremo NE do Domínio Rio Piranhas-Seridó, dos quais fazem parte os *stocks* Serra da Rajada (557 ± 13 Ma; Costa et al., 2015), Flores ($553 \pm 3,6$ Ma; Souza et al., 2016), Serra da Macambira (532 ± 10 Ma; Souza et al., 2016) e Cerro Corá (527 ± 8 Ma; Hollanda, 2012). Embora haja desarmonia entre as datações publicadas para o magmatismo Serra do Caramuru – $492,3 \pm 9$ Ma e $481,7 \pm 6$ Ma (Loureiro, 2012) versus 553 ± 10 Ma (Souza et al., 2016) – optou-se pela proposta de Souza et al. (2016), já que as idades dos corpos correlatos no extremo NE do Domínio Rio Piranhas-Seridó estão distribuídas em *ca.* 550 Ma e 530 Ma. Os diques e *sheets* graníticos são rochas cujos diagramas discriminantes de ambientes tectônicos mostram dispersão. Angelim et al. (2006) correlacionam diques graníticos aflorantes nas proximidades da área de estudo (região Santana dos Matos/Cerro Corá; RN) ao magmatismo pós-orogênico do Cambriano que deu origem província pegmatítica do Seridó, colocada em contexto distensional dúctil-rúptil (Araújo et al., 2001), cujas idades U-Pb variam entre $514,9 \pm 1,1$ Ma e $509,5 \pm 2,9$ Ma (Baumgartner et al., 2006).

CONCLUSÕES

As relações de campo indicam uma sucessão magmática iniciando-se pela fácies diorítica, que coexiste com as fácies graníticas porfiríticas e equigranular I, seguindo-se a fácies granítica equigranular II e, finalmente, diques e *sheets* graníticos tardios. Embora haja coexistência entre as fácies diorítica e graníticas, a análise geoquímica destas rochas permitiram individualizar 3 grupos de amostras, associadas a pulsos magmáticos/fontes distintas:

- i. Fácies diorítica: magmas básicos a intermediários, metaluminosos, shoshoníticos ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 1,67-0,77$), ricos em biotita e hornblenda com raro clinopiroxênio;
- ii. Fácies graníticas porfirítica e equigranulares I e II: magmas ácidos, graníticos, metaluminosos a ligeiramente peraluminosos, cálcio-alcalinos de alto potássio ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0,75-0,42$), portadores de biotita e, eventualmente, hornblenda;
- iii. Diques e *sheets* graníticos: magmas ácidos, graníticos, ligeiramente peraluminosos, cálcio-alcalinos de alto potássio ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0,53-0,41$) com biotita e rara granada.

Em todas as fácies do magmatismo Serra do Caramuru, o mecanismo de diferenciação magmática se deu por cristalização fracionada com algum grau de mistura, de modo que a variação no conteúdo de elementos maiores e traço indicam o fracionamento de zircão, apatita, titanita, clinopiroxênio (em dioritos), biotita, hornblenda, allanita, plagioclásio e microclina.

A fácies diorítica constitui o subproduto da fusão parcial do manto superior, exibindo feições de mistura variável com os componentes graníticos, bem expressas nas relações de campo, enquanto as fácies graníticas e diques e *sheets* são produto do retabalhamento crustal de rochas ricas em potássio, tais como ortognaisses do Complexo Caicó. Os dados isotópicos da literatura (Loureiro, 2012; Costa et al., 2015; Souza et al., 2016) e quimismo semelhante sustentam tal interpretação.

As características petrográficas, texturais e estruturais, aliadas aos diagramas discriminantes de ambientes tectônicos e idade geocronológica U-Pb de 553 ± 10 Ma (Souza et al., 2016), são condizentes com uma colocação em contexto pós-colisional em relação a orogenia Brasileira-Panafricana, análogos os demais granitoides cálcio-alcalinos de alto potássio equigranulares, pós-colisionais do Domínio Rio Piranhas-Seridó.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG), ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e ao CNPq pela concessão de bolsa de Mestrado para o primeiro autor. ZSS agradece ao CNPq por auxílio à pesquisa (processo 449616/2014-2) e bolsa PQ (processo 301738/2013-0).

REFERÊNCIAS

- Angelim, L. A. A., Nesi, J. R., Torres, H. H. F., Medeiros, V. C., Santos, C. A., Veiga, J. P. Jr, Mendes, V. A. (2006). *Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte - Escala 1:500.000: texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte*. Recife: CPRM-Serviço Geológico do Brasil.
- Araújo, M. N. C., Alves da Silva, F. C., Jardim de Sá, E. F. (2001). Pegmatite emplacement in the Seridó Belt, northeastern Brazil: Late stage kinematics of the Brasiliano Orogen. *Gondwana Research*, 4, 75-85.
- Archanjo, C. J., Hollanda, M. H. (2015). Idade do Complexo Caicó (Faixa Seridó, RN-PB) com base no método U-Pb

- (SHRIMP) em zircão de ortognaisses. *XXVI Simpósio de Geologia do Nordeste*. Natal: SBG.
- Archanjo, C. J., Viegas, L. G. F., Hollanda, M. H. B. M., Souza, L. C., Liu, D. (2013). Timing of the HT/LP transpression in the Neoproterozoic Seridó Belt (Borborema Province, Brazil): constraints from U-Pb (SHRIMP) geochronology and implications for the connections between NE Brazil and West Africa. *Gondwana Research*, 23, 701-714.
- Barbarin, B. (1999). A review of the relationships between granitoid types, their origins and geodynamic environments. *Lithos*, 46, 605-626.
- Baumgartner, R., Romer, R. L., Moritz, R., Sallet, R. G., Chiaradia, M. (2006). Columbite-tantalite-bearing granitic pegmatites from the Seridó Belt, northeastern Brazil: genetic constraints from U-Pb dating and Pb isotopes. *Canadian Mineralogist*, 44, 69-86.
- Beurlen, H., Rhede, D., Silva, M. R. R., Thomas, R., Guimarães, I. P. (2009). Petrography, geochemistry and chemical electron microprobe U-Pb-Th dating of pegmatitic granites in Borborema Province, North-Eastern Brazil: a possible source of the rare element granitic pegmatites. *Terrae*, 6(1), 59-71.
- Borges, S. V. F. (1996). *Geologia da região do médio Curimataú (PB) e o alojamento do granito de Dona Inês associado a zonas de cisalhamento transcorrentes brasileiras*. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Brown, M. (1994). The generation, segregation, ascent and emplacement of granite magma: the migmatite to-crustally-derived granite connection in thickened orogens. *Earth-Science Reviews*, 36, 83-130.
- Campbell, I. H., Stepanov, A. S., Liang, H., Allen, C. M., Norman, M. D., Zhang, Y., Xie, Y. (2014). The origin of shoshonites: new insights from the Tertiary high-potassium intrusions of eastern Tibet. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 167, 983.
- Chappell, B. W., White Junior, A. (1974). Two contrasting granites types. *Pacific Geology*, 8, 173-174.
- Cocherie, A. (1986). Systematic use of trace element distribution patterns in log-log diagrams for plutonic suites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 50, 2517-2522.
- Costa, A. P., Nascimento, M. A. L., Galindo, A. C., Dantas, A. R. (2015). Geologia, petrologia e geocronologia U-Pb do Plúton Granítico Serra da Rajada: implicações sobre a evolução magmática ediacarana na porção NE do Domínio Rio Piranhas-Seridó (NE da Província Borborema). *Geologia USP: Série Científica*, 15(3-4), 8-105.
- Cox, K. G., Bell, J. D., Pankhurst, R. J. (1979). *The interpretation of igneous rocks*. London: Allen & Unwin.
- Dada, S. S. (1998). Crust-forming ages and proterozoic crustal evolution in Nigeria: a reappraisal of current interpretations. *Precambrian Research*, 87, 65-74.
- Dantas, E. L. (1996). *Geocronologia U-Pb e Sm-Nd de terrenos arqueanos e paleoproterozóicos do Maciço Caldas Brandão, NE do Brasil*. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- Dantas, E. L., Galindo, A. C., Laux, J. H., Maia, S. M. C., Souza, Z. S., Alves da Silva, F. C. (2005). Magmatismo anorogênico ordoviciano na porção centro norte do Domínio Seridó, Província Borborema: o Granito Flores. *XXI Simpósio de Geologia do Nordeste*, v. 21, 135-137. Recife: SBG.
- Ferré, E., Gleizes, G., Caby, R. (2002). Obliquely convergent tectonics and granite emplacement in the Trans-Saharan belt of Eastern Nigeria: a synthesis. *Precambrian Research*, 114, 199-219.
- Figueiredo, M. C. H. (1985). Introdução à geoquímica dos elementos terras raras. *Boletim IG-USP: Série Científica*, 16, 15-31.
- Frost, B. R., Barnes, C. G., Collins, W. J., Arculus, R. J., Ellis, D. J., Frost, C. D. (2001). A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42, 2033-2048.
- Guimarães, I. P., Araújo, D. B., Silva Filho, A. F., Silva, F. M. V., Armstrong, R. (2009). Idades U-Pb em zircão por SHRIMP do magmatismo máfico e félsico do Complexo Serrinha e Pedro Velho, Província Borborema, NE Brasil. *XXIII Simpósio de Geologia do Nordeste*, v. 21, 105. Fortaleza: SBG.
- Harris, N. B. W., Pearce, J. A., Tindle, A. G. (1986). Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. In: M. P. Coward, A. C. Ries (Eds.), *Collision tectonics*, 67-81. London: Geological Society. (Geological Society Special Publication, 19).
- Hollanda, M. H. B. M. (2012). *Geocronologia de eventos magmáticos e mineralizações associadas no precambriano da Faixa Seridó, Província Borborema*. Tese (Livre Docência). São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Hollanda, M. H. B. M., Archanjo, C. J., Bautista, J. R., Souza, L. C. (2014). Detrital zircon ages and Nd isotope compositions of the Seridó and Lavras da Mangabeira basins (Borborema Province, NE Brazil): evidence for exhumation and recycling associated with a major shift in sedimentary provenance. *Precambrian Research*, 258, 186-207.

- Hollanda, M. H. B. M., Pimentel, M. M., Jardim de Sá, E. F. (2003). Paleoproterozoic subduction related metasomatic signatures in the lithospheric mantle beneath NE Brazil: inferences from trace element and Sr–Nd–Pb isotopic compositions of Neoproterozoic high-K igneous rocks. *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 885-900.
- Irvine, T. N., Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 523-548.
- Ishihara, S. (1977). The magnetite and ilmenite series granitic rocks. *Mining Geology*, 27, 293-305.
- Jardim de Sá, E. F. (1984). Geologia da região do Seridó: reavaliação de dados. *XI Simpósio de Geologia do Nordeste. Boletim*, v. 9, 143-144. Natal: SBG.
- Jardim de Sá, E. F. (1994). *A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira/Pan-Africana*. Tese (Doutorado). Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
- Jardim de Sá, E. F., Legrand, J. M., McReath, I. (1981). Estratigrafia de rochas granitóides na região do Seridó (RN-PB), com base em critérios estruturais. *Revista Brasileira de Geociências*, 11, 50-57.
- Knesel, M. K., Souza, Z. S., Vasconcelos, P. M., Cohen, E. B., Silveira, F. V. (2011). Young volcanism in the Borborema Province, NE Brazil, shows no evidence for a trace of the Fernando de Noronha plume on the continent. *Earth and Planetary Science Letters*, 302, 38-50.
- Kuno, H. (1966). Lateral variation of basaltic magma types across continental margins and island arcs. *Bulletin of Volcanology*, 29, 195-222.
- Kwékam, M., Liégeois, J., Njonfang, E., Affaton, P., Hartmann, G., Tchoua, F. (2010). Nature, origin and significance of the Fomopéa Pan-African high-K calc-alkaline plutonic complex in the Central African fold belt (Cameroon). *Journal of African Earth Sciences*, 57, 79-95.
- Lameyre, J. M. (1987). Granites and evolution of the crust. *Revista Brasileira de Geociências*, 17, 349-359.
- Lameyre, J., Bowden, P. (1982). Plutonic rock types series: discrimination of various granitoid series and related rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 14, 169-186.
- Legrand, J. M., Liégeois, J. P., Deutsch, S. (1991). Datação U/Pb e Rb/Sr das rochas pré-cambrianas da região de Caicó: reavaliação da definição de um embasamento arqueano. *XIV Simpósio de Geologia do Nordeste*. Recife: SBG.
- Leterrier, J., Jardim de Sá, E. F., Bertrand, J. M., Pin, C. (1994). Ages U-Pb sur zircon de granitoids "brasiliano" de la ceinture du Seridó (Province Borborema, NE Brésil). *Compte Rendu de l'Academie des Sciences*, 318, 1505-1511.
- Liégeois, J. P., Navez, J., Hertogen, J., Black, R. (1998). Contrasting origin of post-collisional high-K calc-alkaline and shoshonitic versus alkaline and peralkaline granitoids: the use of sliding normalization. *Lithos*, 45, 1-28.
- Loureiro, G. L. L. (2012). *Complexo anelar caramuru paleozoico do tipo-A no domínio Seridó, Província Borborema, NE-Brasil*. Dissertação (Mestrado). Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
- Macêdo Filho, A. A. (2016). *Petrologia e geoquímica do magmatismo Ediacarano Serra Do Caramuru, Rio Grande do Norte, NE do Brasil*. Dissertação (Mestrado). Natal: Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Maniar, P. D., Piccoli, P. M. (1989). Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, 101, 635-643.
- McMurry, J., Long, L. E., Sial, A. N. (1987a). Evolution of a heterogeneous, continentally derived granite: Dona Inês pluton northeastern Brazil. *The Journal of Geology*, 95, 107-117.
- McMurry, J., Long, L. E., Sial, A. N. (1987b). Petrology and isotope systematics of magma mushes: some porphyritic granitoids of Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 17, 473-480.
- Medeiros, V. C. (2004). *Evolução geodinâmica e condicionamento estrutural dos terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, Domínio da Zona Transversal, NE do Brasil*. Tese (Doutorado). Natal: Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Medeiros, V. C., Amaral, C. A., Rocha, D. E. G. A., Santos, R. B. (2005). *Programa Geologia do Brasil e PGB: Sousa - Folha SB.24-Z-A: Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Mapa Geológico, Escala 1:250.000*. Recife: CPRM.
- Medeiros, V. C., Jardim de Sá, E. F. (2009). O Grupo Cachoeirinha (Zona Transversal, NE do Brasil) redefinição e proposta de formalização. *Revista de Geologia*, 22(2), 124-136.
- Nardi, L. V. S. (1989). Geoquímica dos elementos terras raras nas rochas graníticas da região centro-sul do Brasil. In: M. L. L. Formoso, L. V. S. Nardi, L. A. Hartmann (Eds.), *Geoquímica dos elementos terras raras no Brasil*. Rio de Janeiro: CPRM/DNPM/SBGq.
- Nascimento, M. A. L., Antunes, A. F., Galindo, A. C., Jardim de Sá, E. F., Souza, Z. S. (2000). Geochemical signature of the Brasiliano-age plutonism in the Seridó Belt Northeastern Borborema Province (NE Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*, 30, 161-164.

- Nascimento, M. A. L., Galindo, A. C., Medeiros, V. C. (2015). Ediacaran to Cambrian magmatic suites in the Rio Grande do Norte domain, extreme Northeastern Borborema Province (NE of Brazil): current knowledge. *Journal of South American Earth Sciences*, 58, 281-299.
- Nascimento, M. A. L., Medeiros, V. C., Galindo, A. C. (2008). Magmatismo ediacarano a cambriano no Domínio Rio grande do Norte, Província Borborema, NE do Brasil. *Estudos Geológicos*, 18, 4-25.
- Neves, S. P., Mariano, G., Guimarães, I. P., Da Silva Filho, A. F., Melo, F. C. (2000). Intralithospheric differentiation and crustal growth: evidence from the Borborema Province, northeastern Brazil. *Geology*, 28, 519-522.
- Pearce, J. A. (1996). Sources and settings of granitic rocks. *Episodes*, 19, 120-125.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W., Tindle, A. G. (1984). Trace elements discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956-983.
- Pitcher, W. S. (1987). Granites and yet more granites forty years. *Geologische Rundschau*, 76, 51-79.
- Rickwood, P. C. (1989). Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos*, 22, 247-263.
- Sallet, R., Jonathan, D. P., Babinski, M., Moritz, R., Souza, Z. S., Chiaradia, M. (2015). Experimental anatexis, fluorine geochemistry and lead-isotope constraints on granite petrogenesis in the Seridó Belt, Borborema Province, northeastern Brazil. *Chemical Geology*, 400, 122-148.
- Shand, S. J. (1943). *Eruptive rocks: their genesis, composition, classification, and their relation to ore-deposits with a chapter on meteorite*. New York: John Wiley & Sons.
- Sial, A. N., Figueiredo, M. C. H., Long, L. E. (1981). Rare-earth element geochemistry of the Meruoca and Mucambo plutons, Ceará, northeast Brazil. *Chemical Geology*, 31, 271-283.
- Silva, D. R., Souza, Z. S. (2012a). Geoquímica e petrogênese do Plúton Serra da Macambira, Neoproterozóico da Faixa Seridó, Província Borborema (NE do Brasil). *Pesquisas em Geociências*, 39(1), 63-84.
- Silva, D. R., Souza, Z. S. (2012b). Petrografia e textura do plúton granitoide pós-colisional Serra da Macambira, Neoproterozóico da Província Borborema (Nordeste do Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, 42(4), 713-728.
- Souza, Z. S., Kalsbeek, F., Deng, X. D., Frei, R., Kokfel, T. F., Dantas, E. L., Li, J. W., Pimentel, M. M., Galindo, A. C. (2016). Generation of continental crust in the northern part the Borborema Province, Northeastern Brazil, from Archaean to Neoproterozoic. *Journal of South American Earth Sciences*, 68, 68-96.
- Souza, Z. S., Martin, H., Peucat, J., Jardim de Sá, E. F., Macedo, M. H. F. (2007). Calc-alkaline magmatism at the Archean-Proterozoic transition: the Caico Complex Basement (NE Brazil). *Journal of Petrology*, 48, 2149-2185.
- Souza, Z. S., Vasconcelos, P. M., Nascimento, M. A. L., Silveira, F. V., Paiva, H. S., Dias, L. G. S., Thiede, D., Carmo, I. O. (2003). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of Mesozoic and Cenozoic magmatism in NE Brazil. *IV South American Symposium on Isotope Geology*, v. 2, 691-694. Salvador: CBPM.
- Streckeisen, A. L. (1976). To each plutonic rock it's a proper name. *Earth-Science Reviews*, 12, 1-33.
- Sun, S. S., McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A. D. Saunders, M. J. Norry (Eds.), *Magmatism in the ocean basins*, 313-345. London: Geological Society. (Geological Society of London, Special Publications, 42).
- Thiéblemont, D., Cabanis, B. (1990). Utilisation d'un diagramme (Rb/100)-Tb-Ta pour la discrimination géochimique et l'étude pétrogénétique des roches magmatiques acides. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 6, 23-35.
- Thiéblemont, D., Téguyey, M. (1994). Une discrimination géochimique des roches différenciées témoin de la diversité d'origine et de situation tectonique des magmas calco alcalins. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 319, 87-94.
- Tubosun, I. A., Lancelot, J. R., Rahaman, M. A., Ocan, O. (1984). U-Pb Panafrican ages of two charnockite-granite association from southwestern Nigeria. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 88, 188-195.
- Van Schmus, W. R., Brito Neves, B. B., Williams, I. S., Hackspacher, P. C., Fetter, A., Dantas, E. L., Babinski, M. (2003). The Seridó Group of NE Brazil, a late Neoproterozoic pre- to syn-collisional basin in West Gondwana: insights from SHRIMP U-Pb detrital zircon ages and Sm-Nd crustal residence (TDM) ages. *Precambrian Research*, 127, 284-327.
- Wilson, M. (1989). *Igneous petrogenesis*. London: Unwin Hyman.
- Wright, J. B. (1969). A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite genesis. *Geological Magazine*, 106, 370-384.