

Geologia, petrografia e geoquímica das associações leucograníticas arqueanas da área de Nova Canadá: Província Carajás

Geology, petrography and geochemistry of Archean leucogranite associations from Nova Canadá area: Carajás Province

Pablo José Leite-Santos^{1,2} e Davis Carvalho de Oliveira^{1,2}

¹Universidade Federal do Pará - UFPA, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Rua Augusto Corrêa, 1, Campus Universitário do Guamá, caixa postal 8.608, CEP 66075-110, Belém, PA, BR (pablosleite@hotmail.com; davis@ufpa.br)

²Universidade Federal do Pará - UFPA, Instituto de Geociências, Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides, Belém, PA, BR

Recebido em 22 de maio de 2014; aceito em 3 de março de 2016

Resumo

A área de Nova Canadá é marcada pela ocorrência expressiva de duas variedades de leucogranitos que, apesar de suas afinidades petrográficas, apresentam fortes contrastes geoquímicos. O Leucogranodiorito Nova Canadá é mais expressivo, sendo formado por leucogranodioritos e leucomonzogranitos de textura seriada e com moderado a fraco grau de recristalização, enquanto o Leucogranito Velha Canadá é mais enriquecido em quartzo, possui textura equigranular média a fina e é moderado a fortemente deformado. O comportamento geoquímico mostra que as rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá são mais enriquecidas em Al_2O_3 , CaO, Na_2O , Ba, Sr e, na razão Sr/Y, têm padrão de elementos terras raras (ETR) levemente fracionado, com baixas razões $(La/Yb)_N$ e anomalias negativas de Eu ausentes ou discretas, enquanto aquelas do Leucogranito Velha Canadá apresentam conteúdos mais elevados de SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , Rb, HFSE (Zr, Y e Nb), das razões K_2O/Na_2O , $FeOt/(FeOt+MgO)$, Ba/Sr e Rb/Sr, e são mais enriquecidas em ETR. Este último pode ser caracterizado ainda por: (i) baixas a moderadas razões $(La/Yb)_N$ com anomalias negativas de Eu acentuadas; (ii) moderadas a altas razões $(La/Yb)_N$, com anomalias negativas de Eu discretas e padrão côncavo dos ETR pesados (ETRP). Tais contrastes geoquímicos sugerem origem distinta para essas unidades. O Leucogranodiorito Nova Canadá tem caráter menos evoluído e assinatura geoquímica híbrida entre manto e crosta (alto Ba-Sr), o que descarta sua origem unicamente por fusão crustal. Por sua vez, o Leucogranito Velha Canadá é mais evoluído e tem características de granitos *stricto sensu*, similares àqueles originados por anatexia crustal (alto-K). As afinidades geoquímicas entre o Leucogranodiorito Nova Canadá e os granitos da Suíte Guarantã do domínio mesoarqueano de Rio Maria sugerem que estes podem estar relacionados ao mesmo evento magmático que atuou naquele domínio, enquanto o Leucogranito Velha Canadá mostra afinidades com os vários granitos cálcio-alcálinos de alto-K que ocorrem na Província Carajás, porém sem uma clara correlação de idade. No entanto, o padrão deformacional deste último e as idades preliminares disponíveis associam o Leucogranito Velha Canadá ao Neoarqueano, o que poderia relacionar tal leucogranito aos mesmos eventos tectonomagmáticos que afetaram o domínio Canaã dos Carajás nesse período.

Palavras-chave: Leucogranitos; Geoquímica; Arqueano; Província Carajás; Cráton Amazônico.

Abstract

Nova Canadá area is marked by the occurrence of two leucogranite varieties that, despite their petrographic affinities, show strong geochemical contrasts. Nova Canadá Leucogranodiorite is more expressive and composed of leucogranodiorites and leucomonzogranites of seriated texture from moderate to weak degree of recrystallization, while Velha Canadá Leucogranite is more enriched in modal quartz, has medium even-grained texture and is from moderately to strongly deformed. In addition, the geochemical behaviour shows that Nova Canadá Leucogranodiorite rocks are enriched in Al_2O_3 , CaO, Na_2O , Ba, Sr, have high Sr/Y ratios and slightly fractionated REE pattern, with low $(La/Yb)_N$ ratios and absence of negative Eu anomalies. In contrast, Velha Canadá Leucogranite shows higher contents of SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , Rb, HFSE (Zr, Y and Nb), and K_2O/Na_2O , $FeOt/(FeOt+MgO)$, Ba/Sr and Rb/Sr ratios, being more enriched in REE and characterized by: (i) moderate to low $(La/Yb)_N$ ratios, with accentuated negative Eu anomalies; (ii) moderate to high $(La/Yb)_N$ ratios, discrete Eu anomalies and a concave shape with HREE patterns. Such geochemical contrasts suggest a distinct origin to these rocks.

Nova Canadá Leucogranodiorite has less evolved characteristics related to mantle and crust geochemical signature (high Ba-Sr), while Velha Canadá Leucogranite has *stricto sensu* characteristics (high-K), being more evolved and similar to the granites originated by crustal anatexis. The geochemical affinities between Nova Canadá Leucogranodiorite and the rocks of Guarantã Suite from Rio Maria Domain suggest that they could be related to the same magmatic event. Velha Canadá Leucogranite shows affinities with various high-K calc-alkaline granites of Carajás Province. Even without a clear chronological relation, its deformational pattern is typical from the Neoproterozoic, which could relate it to the same tectonomagmatic event that affected Canaã dos Carajás Domain in that period.

Keywords: Leucogranites; Geochemistry; Archean; Carajás Province; Amazonian Craton.

INTRODUÇÃO

Leucogranodioritos e granitos arqueanos constituem cerca de até 20% das áreas cratônicas hoje conhecidas (Cassidy et al., 1991; Condie, 1993; Davis et al., 1994) e são comumente interpretados como produto de anatexia crustal nas fases tardias de estabilização dos crátons arqueanos (Goodwin, 1991; Sylvester, 1994), originados logo após a formação das associações tonalítica-trondhjemitica-granodiorítica (TTG). Até o início da década de 1990, esses litotipos eram pouco estudados em comparação aos TTG, e atribuíam-se suas variações composicionais à profundidade de fusão ou natureza da fonte (Sylvester, 1994; Moyen et al., 2003; Jayananda et al., 2006). Com o avanço do conhecimento, novas discussões abordaram a classificação e a individualização de diferentes tipos de granitos (Sylvester, 1994; Champion e Sheraton, 1997; Champion e Smithies, 2001, 2003; Moyen et al., 2003; Drüppel et al., 2009; Almeida et al., 2010, 2013; Feio e Dall'Agnol, 2012), antes inseridos em um único contexto. Com base na avaliação do comportamento de elementos traços, as novas diferenças ganharam significados petrológicos, como aquele atribuído às variações composicionais da fonte (Moyen, 2009) ou aos processos responsáveis pela origem dos magmas, como variados graus de fusão parcial, acumulação e/ou magma *mixing* (Almeida et al., 2010).

Nesse contexto, Champion e Smithies (2001) assumiram a existência de uma subclasse de granitoides sódicos encontrados em vários terrenos arqueanos, exemplificados atualmente pela Suíte Granodiorito-Granito (GG) da Província Wyoming (Frost et al., 2006), por granitos do oeste do Cráton Dharwar (Jayananda et al., 2006), do Cráton Pilbara (Champion e Smithies, 2007), do Cráton da Tanzânia (Opiyo-Akech et al., 1999) e por aqueles do Domínio Rio Maria da Província Carajás (Almeida et al., 2010, 2013). Essas rochas incluem trondhjemitos, granodioritos e granitos com características geoquímicas similares aos TTG arqueanos. Mostram padrão de elementos terras raras (ETR) moderado a fortemente fracionado, com anomalias negativas de Eu fracas ou ausentes que, quando comparadas aos verdadeiros TTG, são enriquecidas em LILE (K e Rb) e tendem a ser mais enriquecidas em sílica (68–77%; Champion e Smithies, 2001, 2003, 2007). Ao grupo de granitos identificados nos crátons Pilbara e Yilgarn, foi atribuído o termo TTG transicionais (Champion e Smithies, 2001, 2003, 2007), para os quais a origem ainda é incerta, embora se estime que sua petrogênese envolva uma crosta preexistente.

Leucogranitos cálcio-alcálicos de alto-K representam tipologia tardia na formação dos crátons arqueanos, relacionados sobretudo à estabilização destas áreas (Sutcliffe et al., 1990; Sylvester, 1994; Frost et al., 1998; Leite, 2001; Moyen et al., 2003). Trata-se de monzo/sienogranitos e granodioritos com biotita e raramente anfibólio com razão K/Na > 0,5, padrão de ETR moderadamente fracionado ($[Ce/Yb]_N < 30$) e forte anomalia negativa de Eu (Moyen et al., 2003; Almeida et al., 2013). Estas rochas têm origem discutida a partir da fusão parcial de crosta TTG (Sylvester, 1994; Jahn et al., 1988; Champion e Sheraton, 1997; Frost et al., 1998; Champion e Smithies, 1999).

Na área de Nova Canadá, localizada na porção sul do Domínio Carajás, associações leucograníticas arqueanas foram individualizadas a partir do que era considerado como área de ocorrência do Complexo Xingu, e seus contrastes texturais e geoquímicos permitiram distingui-las em:

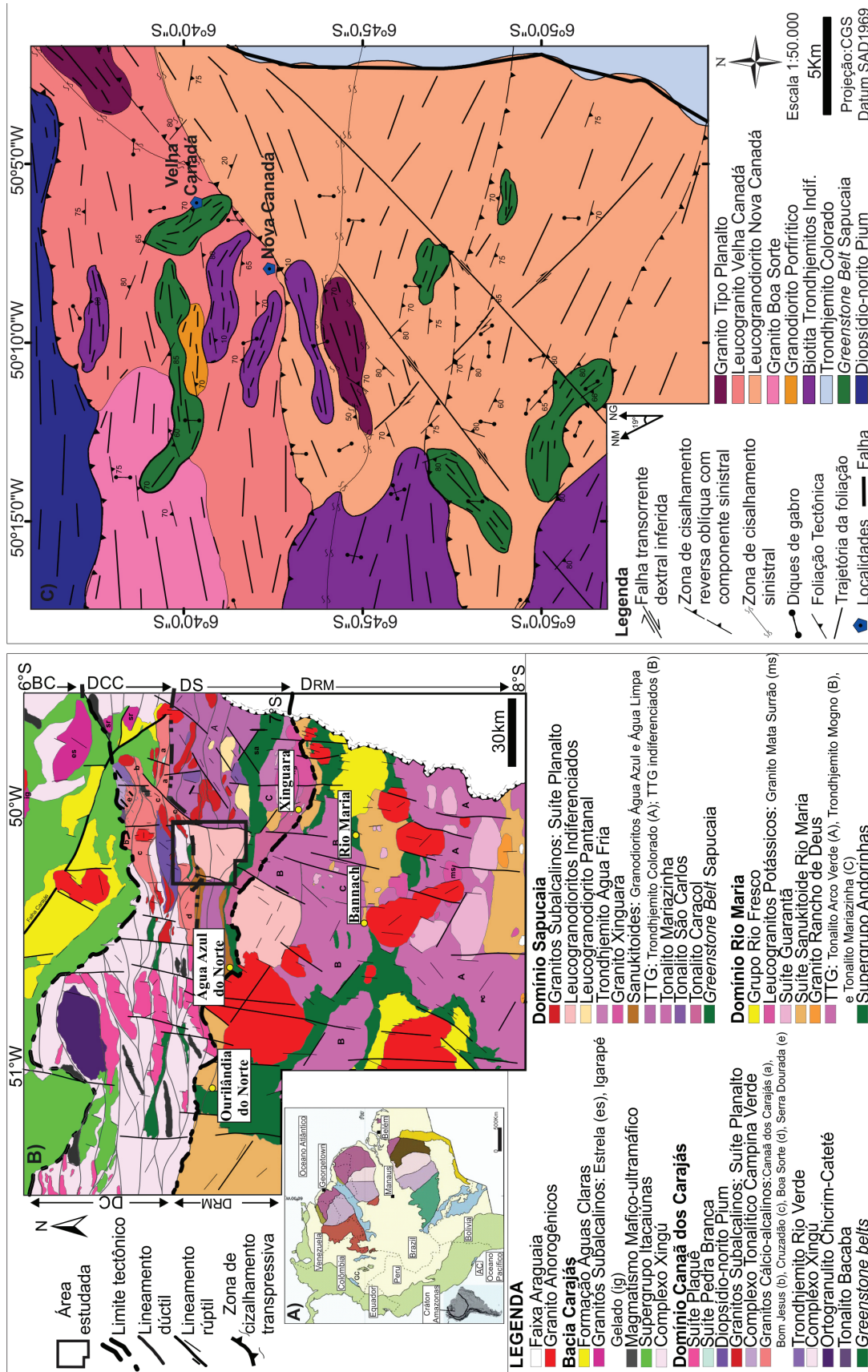
- (i) Leucogranito Velha Canadá e
- (ii) Leucogranodiorito Nova Canadá.

O primeiro faz referência ao garimpo de ouro de Velha Canadá, e o último, à localidade de Nova Canadá, distrito importante do município de Água Azul do Norte, que serviu de sede para a realização dos trabalhos de campo.

Os objetivos deste trabalho envolvem a caracterização geológica, petrográfica e geoquímica dessas unidades, bem como comparações com litotipos análogos, a fim de propor discussões sobre a assinatura geoquímica, classificação e origem de ambas e, dessa forma, contribuir para o entendimento dos principais aspectos evolutivos dessa porção da Província Carajás.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Província Carajás, localizada no sudoeste do Cráton Amazônico (Almeida et al., 1981; Figura 1A), é considerada uma província geocronológica independente por Santos (2003) e tem sido alvo de várias propostas de compartimentação tectônica (Costa et al., 1995; Souza et al., 1996; Althoff et al., 2000; Santos, 2003; Dall'Agnol et al., 2006; Vasquez et al., 2008; Feio e Dall'Agnol, 2012). A proposta mais recente subdivide a Província Carajás nos domínios Rio Maria, Sapucaia e Canaã dos Carajás (Figura 1B; Dall'Agnol et al., 2013).



DFM: Domínio Rio Maria; DC: Domínio Carajás; BC: Bacia Carajás; DCC: Domínio Canaã dos Carajás; DS: Domínio Sapucaia;
Figura 1. (A) Localização da Província Carajás no Cráton Amazônico, modificado de Santos (2003); (B) Mapa geológico da Província Carajás, modificado de Vasquez et al. (2008), Almeida et al. (2010), Feio e Dall'Agnol (2012), Dall'Agnol et al. (2013) e Oliveira et al. (2014); (C) Mapa geológico da área de Nova Canadã (Leite-Santos e Oliveira, 2014).

O Domínio Rio Maria (DRM), ao sul, é essencialmente Mesoarqueano (3,0–2,87 Ga), caracterizado por associações *greenstone belt* (3,0–2,9 Ga) e rochas granitoides diversas (Dall’Agnol et al., 2006). Tais granitoides compreendem:

- (a) rochas TTG de 2,96 Ga a 2,93 Ga, representadas pelo Tonalito Arco Verde, Trondhjemitó Mogno e Tonalito Mariazinha (Macambira e Lafon, 1995; Rolando e Macambira, 2003; Almeida et al., 2008; Almeida et al., 2011);
- (b) granitoides de alto-Mg (sanukitoides) representados pelo Granodiorito Rio Maria de 2,87 Ga e rochas associadas (Medeiros e Dall’Agnol, 1988; Oliveira et al., 2009);
- (c) leucogranodioritos-granitos de alto Ba-Sr da Suíte Guarantã (2,87–2,86 Ga; Althoff et al., 2000; Dias, 2009; Almeida et al., 2010, 2013);
- (d) Leucogranitos potássicos de afinidade cálcio-alcálica com idade 2,87 Ga, representados pelo Granito Mata Surrão e afins (Lafon et al., 1994; Dall’Agnol et al., 2006; Almeida et al., 2013).

Posteriormente, ao final do Arqueano, essas rochas foram recobertas pelos sedimentos do Grupo Rio Fresco (DOCEGEO, 1988), e, no Paleoproterozoico, o terreno foi intrudido por granitos Tipo-A (1,88 Ga) e diques associados (Dall’Agnol et al., 2005; Dall’Agnol e Oliveira, 2007).

Objeto deste estudo, o Domínio Sapucaia (DS) ocupa a porção central da província e está localizado entre os domínios Rio Maria e Canaã dos Carajás. É constituído por associações *greenstone belt*, rochas TTG, sanukitoides, granitoides alto Ba-Sr e potássicos, análogas àquelas encontradas no DRM, sendo, no entanto, afetadas por eventos do Neoarqueano relacionados à instalação do Cinturão de Cisalhamento Itacaíunas. O Domínio Canaã dos Carajás (DCC), ao norte, representa o embasamento da Bacia Carajás e é geologicamente distinto dos outros domínios, por seu maior volume de rochas graníticas em relação aos TTG, além da presença de associações charnoquíticas. A disposição em mapa dessas unidades pode ser mais bem observada na Figura 1B.

Pesquisas realizadas nas regiões de Água Azul do Norte (DS) e Canaã dos Carajás (DCC) resultaram no seguinte quadro geológico:

- (a) granitoides sódicos distintos dos clássicos TTG arqueanos, representados pelo Tonalito Bacaba de 3,0 Ga (Moreto et al., 2011), Complexo Tonalítico Campina Verde, de 2872 ± 1 Ma a 2850 ± 7 Ma (Feio et al., 2013), e Tonalito São Carlos de 2,93 Ga (Silva et al., 2014);
- (b) rochas TTG do Tonalito Caracol de 2,94–2,93 Ga (Leite et al., 2004; Almeida et al., 2011), rochas afins do Tonalito Mariazinha (Almeida et al., 2011), Trondhjemitó Rio Verde, com idade de 2929 ± 3 Ma a 2868 ± 4 Ma (Feio et al., 2013), Trondhjemitó Colorado e afins, de 2872 ± 1 Ma (Silva et al., 2014; Santos et al., 2013b; Leite-Santos

e Oliveira, 2014) e Trondhjemitó Água Fria de 2,86 Ga (Leite, 2001; Leite et al., 2004);

- (c) granodioritos sanukitoides (Gabriel e Oliveira, 2014) tipo Água Azul (2,88 Ga; Gabriel et al., 2010) e Água Limpa (2,87 Ga; Sousa et al., 2010);
- (d) leucogranodioritos-granitos de alto Ba-Sr (Figura 1C), como o Leucogranodiorito Nova Canadá (Santos e Oliveira, 2012), de idade preliminar de 2895 ± 2 (Oliveira et al., 2010), e Leucogranodiorito Pantanal (Teixeira et al., 2013);
- (e) granitos potássicos de afinidade cálcio-alcálica, representados pelos plútons:
 - (i) Granito Xinguara de 2,86 Ga (Leite et al., 2004), Serra Dourada de 2,86 Ga (Moreto et al., 2011) e de 2,83 Ga (Feio et al., 2013), Boa Sorte de 2,89–2,85 Ga (Rodrigues et al., 2014), Cruzadão de 2,87–2,84 Ga (Feio et al., 2013) e Bom Jesus de 2833 ± 6 Ma (Feio et al., 2013).

O Granito Canaã dos Carajás, de idade 2959 ± 6 Ma (Feio et al., 2013), tem caráter mais sódico e, por isso, é descrito separadamente.

O magmatismo Neoarqueano inclui os granitos tipo-A sintectônicos da Suíte Planalto (2,75–2,71 Ga; Huhn et al., 1999; Gomes, 2003; Feio et al., 2012; Dall’Agnol et al., 2013), granitoides similares que ocorrem na região de Vila Jussara, os quais mostram caráter mais oxidado e maior volume de tonalitos e granodioritos associados (Dall’Agnol et al., 2013), e rochas charnockíticas associadas, de 2,75 Ga (Gabriel et al., 2010; Feio et al., 2012; Santos et al., 2013c). Leucogranitos potássicos também são comuns no Neoarqueano, a exemplo do Leucogranito Velha Canadá (Figura 1C), de idade preliminar de 2747 ± 2 Ma (Santos et al., 2010; Oliveira et al., 2010), e da Suíte Plaquê, de 2,73 Ga (Araújo et al., 1988; Avelar et al., 1999). No Paleoproterozoico (1,88 Ga), houve a colocação dos granitos anorogênicos da Suíte Serra dos Carajás, representados pelos maciços Central, Cigano, Pojuca e Rio Branco (Dall’Agnol et al., 2006; Santos et al., 2013a).

CARACTERIZAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES LEUCOGRANÍTICAS DA ÁREA DE NOVA CANADÁ

Geologia

O mapeamento geológico realizado na área de Nova Canadá levou ao reconhecimento de diversos litotipos com base no que era considerado como área de ocorrência do Complexo Xingu (Figura 1C). Tais litotipos incluem associações leucograníticas, faixas de rochas TTG, granitoides contendo anfíbólio e corpos anfibolíticos (Leite-Santos e Oliveira, 2014). A área estudada é limitada a norte pelos gabros do diopsídio norito Pium (2745 ± 1 Ma; Santos et al., 2013c) e a leste pelo Trondhjemitó Colorado e pelos granitos subalcalinos neoarqueanos (2754 ± 2 Ma; Oliveira et al.,

2010; Souza et al., 2010; Silva et al., 2014) da Suíte Vila Jussara (Dall'Agnol et al., 2013; Silva et al., 2014). O contato leste é abrupto e marcado por um lineamento N-S que divide o segmento crustal predominantemente leucogranítico a oeste de outro essencialmente trondhjemitico a leste. No sul, o limite é com as rochas supracrustais mesoarqueanas do *Greenstone Belt* Sapucaia (Hirata et al., 1982; Costa et al., 1994; Sousa et al., 2013) e, por fim, para oeste, com as rochas TTG e os sanukitoides Água Azul e Água Limpa (Gabriel e Oliveira, 2014).

Os leucogranitos ocorrem em escala de batólito, compreendendo a maior parte da área estudada, e juntos podem atingir até 750 km². É possível diferenciá-los com base em suas variações composicionais e texturais. Uma das variações é o Leucogranito Velha Canadá, que aflora em blocos isolados e lajeiros métricos (Figura 2A). Ele é composto por biotita leucogranodioritos a leucomonzogranitos com textura

equigranular hipidiomórfica média (Figura 2B), com forte a moderado grau de deformação, e ocorre imediatamente ao norte da Vila Nova Canadá, estendendo-se até a região do garimpo de Velha Canadá, no contato tectônico com as rochas do diopsídio norito pium e do Granito Boa Sorte. A outra variedade é o Leucogranodiorito Nova Canadá. Trata-se da unidade mais expressiva, que aflora como blocos isolados, morros repletos de blocos (Figura 2C), ou formando grandes lajeiros, constituído por leucogranodioritos e leucomonzogranitos subordinados, com textura seriada média a grossa (Figura 2D) e fraco a moderado grau de anisotropia, ocorrendo ao sul de Vila Nova Canadá, até o contato com as rochas do *Greenstone Belt* Sapucaia (Figura 1C). As duas unidades englobam estreitas faixas de trondhjemitos tipo TTG e rochas supracrustais orientadas segundo o *trend* E-W.

O limite entre os dois tipos é marcado por extensa zona de cisalhamento de orientação E-W a NE-SW com cinemática

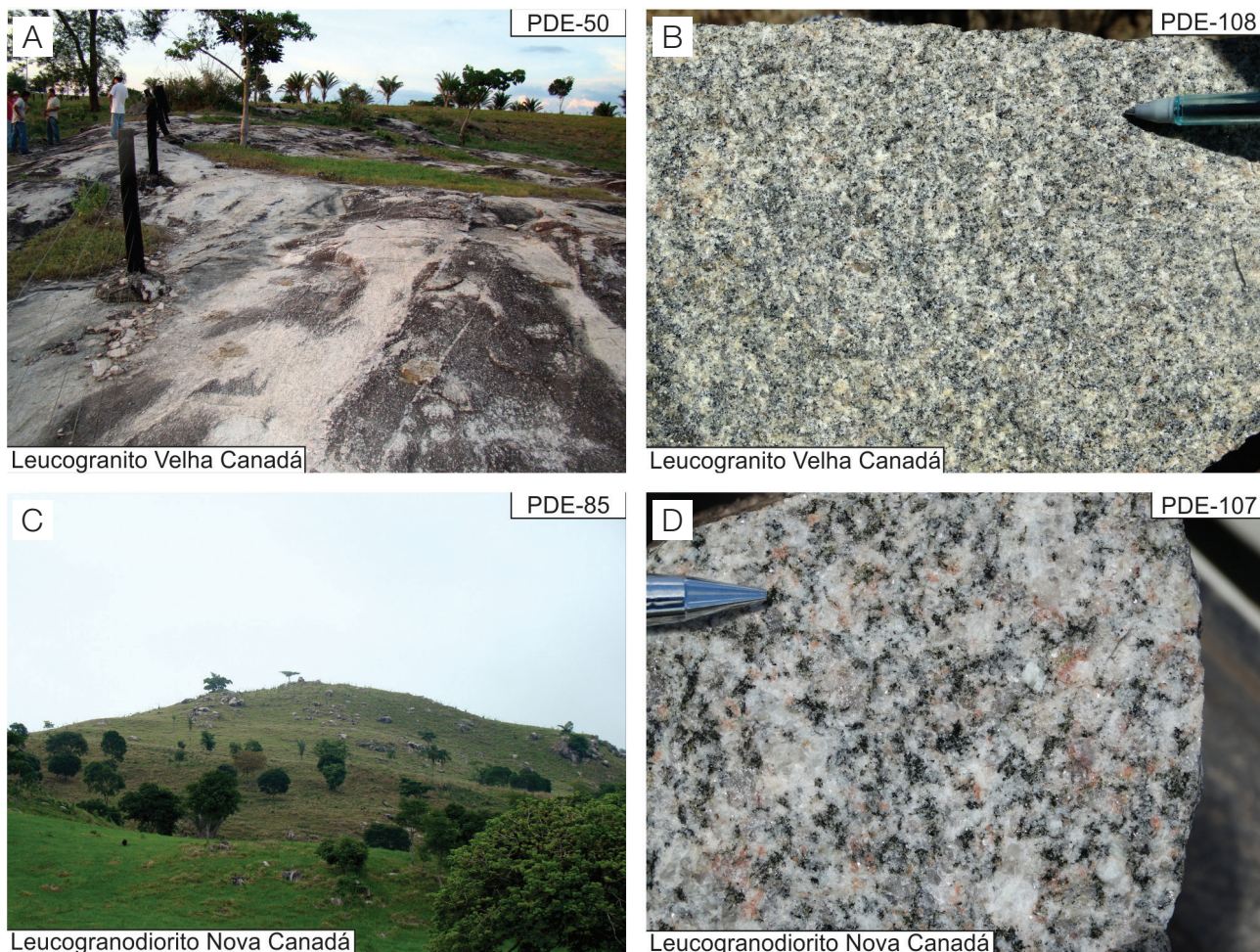


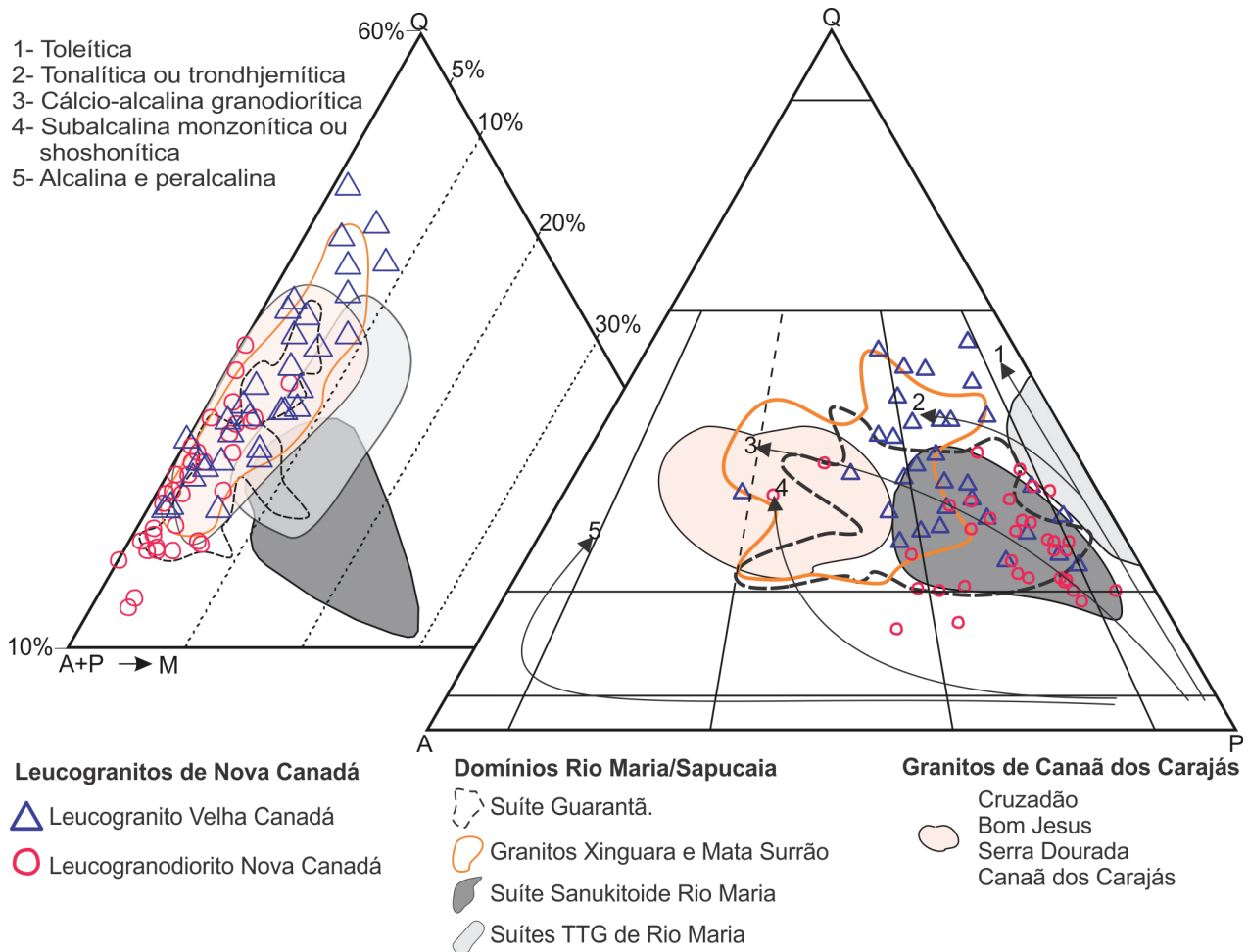
Figura 2. Formas de ocorrência e aspecto macroscópico dos leucogranitos da área de Nova Canadá: (A) grande lajeiro do Leucogranito Velha Canadá; (B) coloração acinzentada e textura equigranular média do Leucogranito Velha Canadá; (C) pequeno morro com campo de blocos das rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá; (D) aspecto rosado e textura seriada do Leucogranodiorito Nova Canadá, mostrando fenocristais de feldspatos e matriz de granulação média.

sinistral, associada à colocação de um granito com anfibólio e biotita, petrograficamente afim da Suíte Planalto ou Vila Jussara. A foliação tectônica nessas rochas aproxima-se do *trend* regional NW-SE para o Leucogranodiorito Nova Canadá, e E-W a NE-SW para as rochas de Velha Canadá. Tais estruturas apresentam mergulhos fortes a moderados (80° a 60°), em geral para S. No domínio de ocorrência do Leucogranito Velha Canadá, o biotita trondhjemito é cortado por veios leucograníticos, normalmente acompanhados de bolsões pegmatíticos, o que pode indicar seu retrabalhamento. Na porção noroeste da área, o Leucogranito Velha Canadá é intrusivo nas rochas do Granito Boa Sorte e do Sanukitoide Água Limpa, ambos de idade mesoarqueana.

Petrografia

Composições modais e classificação

Os dados obtidos por meio das análises modais em 66 lâminas delgadas mostram que as rochas estudadas são classificadas como leucogranitos (Le Maitre, 2002) de composição granodiorítica e, mais restritamente, monzogranítica, conforme diagrama Q-A-P (Figura 3). As Tabelas com análises modais (Tabelas 1 e 2) contemplam apenas 45 amostras, referentes àquelas também averiguadas para geoquímica. Apesar da aparente homogeneidade composicional atribuída às variedades estudadas, nota-se que o Leucogranito Velha Canadá



Q: quartzo; A: feldspato alcalino; P: plagioclásio; M: minerais ferromagnesianos.

Figura 3. Diagramas modais Q-A-P e Q-(A+P)-M' (Streckeisen, 1976) para as rochas leucograníticas da área de Nova Canadá. (1 a 5) *Trends* evolutivos das séries granitoides (Lameyre e Bowden, 1982; Bowden et al., 1984). Os campos da Suíte Guarantã (Almeida et al., 2010), leucogranitos Xinguara e Mata Surrão (Almeida et al., 2010, 2013), Suíte Sanukitoide Rio Maria (Oliveira et al., 2009), Suítes TTG de Rio Maria e granitos cálcio-alcálicos da área de Canaã dos Carajás (Feio e Dall'Agnol, 2012; granitos Cruzadão, Bom Jesus, Serra Dourada e Canaã dos Carajás) são usados para comparações.

(Tabela 1) e o Leucogranodiorito Nova Canadá (Tabela 2) diferem no que se refere aos conteúdos de minerais essenciais e ferromagnesianos, além de apresentarem conteúdos modais médios de quartzo de 31,5% e 25,5%, feldspato alcalino de 19,7 e 14,5%, plagioclásio de 44 e 56,6% e biotita de 3,6 e 2,5%, respectivamente.

Aspectos texturais

Os leucogranitos da área de Nova Canadá podem ser afetados pelas zonas de cisalhamento do Cinturão Itacaiúnas, porém, ainda preservam os aspectos ígneos, como a textura granular hipidiomórfica, que tende a ser substituída por tramas miloníticas em amostras localizadas próximas às zonas de maior deformação. As rochas do Leucogranito Velha Canadá apresentam coloração rosa acinzentada e textura equigranular média a fina (< 3,0 mm; Figura 2B), com raros fenocristais de feldspatos (Figura 4A). O grau de anisotropia (Figura 4B) varia de moderado a forte, marcado pela orientação dos minerais máficos (Figura 4A), extinção ondulante em quartzo (Figura 4C) e feldspatos com bordas

fortemente recristalizadas e, por vezes, formando textura manto/núcleo. Nas rochas mais deformadas, os raros fenocristais de feldspatos mostram formas oclares, e, quando próximo às zonas de cisalhamento, o quartzo está estirado/fitado (*quartz ribbon*), mostrando textura protomilinitica (Figura 4B). As rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá são rosadas, fraca a moderadamente deformadas, com textura seriada marcada por uma matriz média a grossa (1-4,5 mm; Figura 2D) e fenocristais grossos de feldspato alcalino (até 6 mm) e, subordinadamente, plagioclásio de composição oligoclásio cálcico (An_{25-30}). A deformação também é evidenciada pela orientação da biotita e recristalização de quartzo e feldspatos (Figura 4D), originando finos cristais neoformados desses minerais (0,1–0,4 mm).

O feldspato alcalino também é marcado pela ocorrência de pertitas do tipo *string* (Figura 4E; Smith, 1974) e mirmequitas desenvolvidas no contato feldspato alcalino/plagioclásio, as quais representam, respectivamente, processos de exsolução (*subsolvus*) e recristalização tardimagmática. Feições poiquilíticas também são comuns, cujos fenocristais de feldspato alcalino englobam finos cristais de

Tabela 1. Composições modais das rochas do Leucogranito Velha Canadá.

Litologia	Biotita Leucogranodiorito Equigranular												Bt Leucomonzogranito Equigranular				
	PDR 10	PDR 8	PDR 13	PDE 59	PDE 69	PDE 56	PDE 39	PDR 1	PD 1	PDE 38	ADK 60	PDE 41A	CP 30	PDE 33	PDE 30	PDE 58	PDR 7
Quartzo	23,5	23,7	27,2	28,0	28,1	30,2	30,3	31,5	32,7	32,9	35,0	42,7	47,4	26,4	29,2	32,1	35,3
Plagioclásio	61,7	58,2	57,6	45,6	46,9	54,0	45,8	48,6	42,6	45,8	38,4	37,1	30,1	43,6	38,6	20,9	33,0
K-feldspato	8,7	16,1	11,2	24,2	21,1	15,6	18,7	15,5	16,9	14,5	19,1	17,5	13,9	27,3	25,3	41,8	28,2
Biotita	6,0	1,8	2,0	1,8	3,7	0,1	3,1	1,4	5,1	6,5	5,8	2,0	7,8	2,4	5,7	3,9	2,9
Anfibólio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Opacos	0,0	Tr	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	Tr	0,5	Tr	0,4	Tr	0,1	0,1	0,2	0,2	Tr
Zircão	Tr	0,0	Tr	0,3	0,1	Tr	0,2	0,5	0,0	Tr	0,1	0,2	0,0	Tr	Tr	Tr	0,3
Apatita	Tr	0,0	Tr	Tr	Tr	0,0	0,0	Tr	0,0	Tr	0,0	Tr	0,0	0,0	Tr	0,0	0,0
Titanita	Tr	0,0	Tr	Tr	0,1	Tr	Tr	0,7	0,5	0,1	0,6	Tr	0,0	0,0	0,7	0,0	0,1
Allanita	0,0	Tr	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	Tr	Tr	0,0	Tr
Epídoto m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr	Tr	Tr	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	Tr
Epídoto s	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr	0,0	0,0	0,0
Clinozoisita	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr	Tr	Tr	1,6	Tr	0,0	Tr	Tr	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr
Muscovita m	Tr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr	0,0
Muscovita s	0,0	0,0	0,6	0,0	Tr	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	Tr	0,0	Tr	0,0
Clorita	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escapolita	0,0	Tr	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0
A+P	70,4	74,3	68,8	69,8	68,0	69,6	64,5	64,1	59,5	60,3	57,5	54,6	44,0	70,9	63,9	62,7	61,2
Quartzo*	25,0	24,2	28,3	28,6	29,2	30,3	32,0	32,9	35,5	35,3	37,8	43,9	51,9	27,1	31,4	33,9	36,6
Plagioclásio*	65,7	59,4	60,0	46,6	48,8	54,1	48,3	50,8	46,2	49,1	41,5	38,1	32,9	44,8	41,5	22,0	34,2
K-feldspato*	9,3	16,4	11,7	24,7	22,0	15,6	19,7	16,2	18,3	15,6	20,6	18,0	15,2	28,1	27,2	44,1	29,2
M'	6,0	1,8	3,0	1,8	3,9	0,1	3,1	2,1	6,9	6,6	7,0	2,0	8,2	2,5	6,7	4,1	3,0
Total de pontos	1.800	1.800	1.800	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.635	2.000	1.700	1.800	1.798	2.000	2.000	2.000	1.800

*minerais félsicos recalculados a 100%; 0: mineral não observado; Tr: mineral traço (contagem modal média < 0,1%); A+P: K-feldspato + plagioclásio; m: magmático; s: secundário; M': minerais máficos, segundo Le Maitre (2002); Bt: biotita.

Tabela 2. Composições modais das rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá.

Litologia	Biotita Leucogranodiorito Heterogranular													
	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDR	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE
Amostra/Mineral	85	79	86	47	75A	7	27A	77	83	26B	87	10	28	24A
Quartzo	13,8	14,7	19,0	19,3	19,3	19,8	20,1	20,2	20,8	21,4	23,6	24,5	24,9	25,2
Plagioclásio	49,0	56,0	71,4	51,6	68,3	63,6	55,1	63,4	66,9	58,9	59,0	46,4	62,9	62,0
K-feldspato	33,5	25,5	4,5	25,8	9,7	9,8	22,7	10,0	10,0	15,0	15,4	26,8	9,4	6,7
Biotita	2,9	2,9	3,9	2,4	1,8	5,4	1,0	5,7	1,7	3,2	0,8	1,2	2,4	5,6
Anfibólio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Opacos	Tr	Tr	0,2	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2	Tr	0,2	0,2	Tr	0,0	0,1
Zircão	0,0	Tr	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr	0,0	0,0	Tr	0,0	Tr	0,0	0,0
Apatita	0,0	0,0	Tr	Tr	0,0	0,0	0,0	Tr	0,0	Tr	0,0	0,0	0,3	0,0
Titanita	0,1	0,2	Tr	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	Tr	0,1	Tr
Allanita	Tr	0,2	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	0,1	Tr	0,2	Tr	0,0	Tr
Epidoto m	0,5	0,1	0,3	0,1	0,1	1,0	0,1	0,2	Tr	0,1	Tr	0,0	0,0	Tr
Epidoto s	0,0	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	0,0	Tr	0,2	0,6	0,2	0,0	0,0	0,1
Clinozoisita	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muscovita m	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr
Muscovita s	0,0	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	0,7	0,0	Tr	Tr	Tr	0,8	0,0	Tr
Clorita	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escapolita	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A+P	82,5	81,5	75,9	77,4	78,0	73,4	77,8	73,4	76,9	73,9	74,4	73,2	72,3	68,7
Quartzo*	14,3	15,3	20,0	20,0	19,8	21,2	20,5	21,6	21,3	22,5	24,1	25,1	25,6	26,8
Plagioclásio*	50,9	58,2	75,2	53,4	70,2	68,2	56,3	67,7	68,5	61,8	60,2	47,5	64,7	66,0
K-feldspato*	34,8	26,5	4,7	26,7	10,0	10,5	23,2	10,7	10,2	15,7	15,7	27,4	9,7	7,1
M'	3,5	3,4	4,4	2,9	2,3	6,5	1,3	6,2	1,9	3,6	1,3	1,2	2,5	5,7
Total de pontos	2.000	1.800	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.800	1.800	1.800	1.800	2.000	1.800
Litologia	Biotita Leucogranodiorito Heterogranular													
	ADK	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDR	PDE	PDR
Amostra/Mineral	121B	29	4	9	3	81	73	90	46	70	53	16	48	12
Quartzo	25,2	26,5	26,7	27,6	27,9	28,7	28,9	30,5	31,6	32,3	32,3	33,9	35,8	39,4
Plagioclásio	65,3	63,4	61,7	57,2	51,3	51,6	58,7	46,4	53,5	56,9	50,5	56,4	28,2	48,0
K-feldspato	7,8	8,8	9,3	12,7	17,5	14,3	10,4	18,5	11,1	5,5	16,0	7,4	29,9	11,9
Biotita	1,1	1,0	1,9	1,7	1,8	4,0	1,1	3,0	3,0	4,0	0,8	1,8	4,6	0,6
Anfibólio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr	0,0
Opacos	Tr	0,1	Tr	0,1	0,2	0,2	Tr	0,1	0,1	0,3	0,2	0,3	0,6	Tr
Zircão	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Tr	Tr	0,0	0,8	Tr
Apatita	0,0	0,0	0,0	Tr	0,0	0,1	Tr	Tr	Tr	0,0	0,0	Tr	Tr	0,0
Titanita	0,1	Tr	0,0	0,0	0,2	0,4	0,2	0,3	0,4	0,1	Tr	0,0	Tr	0,0
Allanita	0,1	Tr	0,0	0,0	Tr	0,1	0,3	0,0	Tr	Tr	Tr	0,0	0,0	0,0
Epidoto m	0,1	0,0	0,0	Tr	0,6	0,1	0,1	0,0	0,1	0,5	Tr	Tr	0,0	Tr
Epidoto s	0,0	Tr	Tr	0,0	0,0	Tr	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Clinozoisita	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muscovita m	0,0	0,0	0,0	0,5	Tr	0,2	0,0	1,1	0,2	0,0	Tr	0,0	0,0	0,0
Muscovita s	Tr	Tr	0,6	0,0	Tr	Tr	0,0	Tr	Tr	0,0	Tr	0,0	Tr	0,0
Clorita	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escapolita	0,0	0,0	Tr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A+P	73,1	72,2	71,0	69,9	68,8	65,9	69,1	64,9	64,6	62,4	66,5	63,8	58,1	59,9
Quartzo*	25,6	26,8	27,3	28,3	28,9	30,3	29,5	32,0	32,8	34,1	32,7	34,7	38,1	39,7
Plagioclásio*	66,4	64,2	63,2	58,7	53,1	54,5	59,9	48,6	55,6	60,1	51,1	57,7	30,0	48,3
K-feldspato*	7,9	8,9	9,5	13,0	18,1	15,1	10,6	19,4	11,5	5,8	16,2	7,6	31,8	12,0
M'	1,4	1,1	1,9	1,8	2,8	4,8	1,7	3,4	3,6	4,9	1,0	2,1	5,2	0,6
Total de pontos	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.800	2.000

*Minerais félsicos recalculados a 100%; 0: mineral não observado; Tr: mineral traço (contagem modal média < 0,1%); A+P: K-feldspato + plagioclásio; m: magmático; s: secundário; M': minerais máficos, segundo Le Maitre (2002).

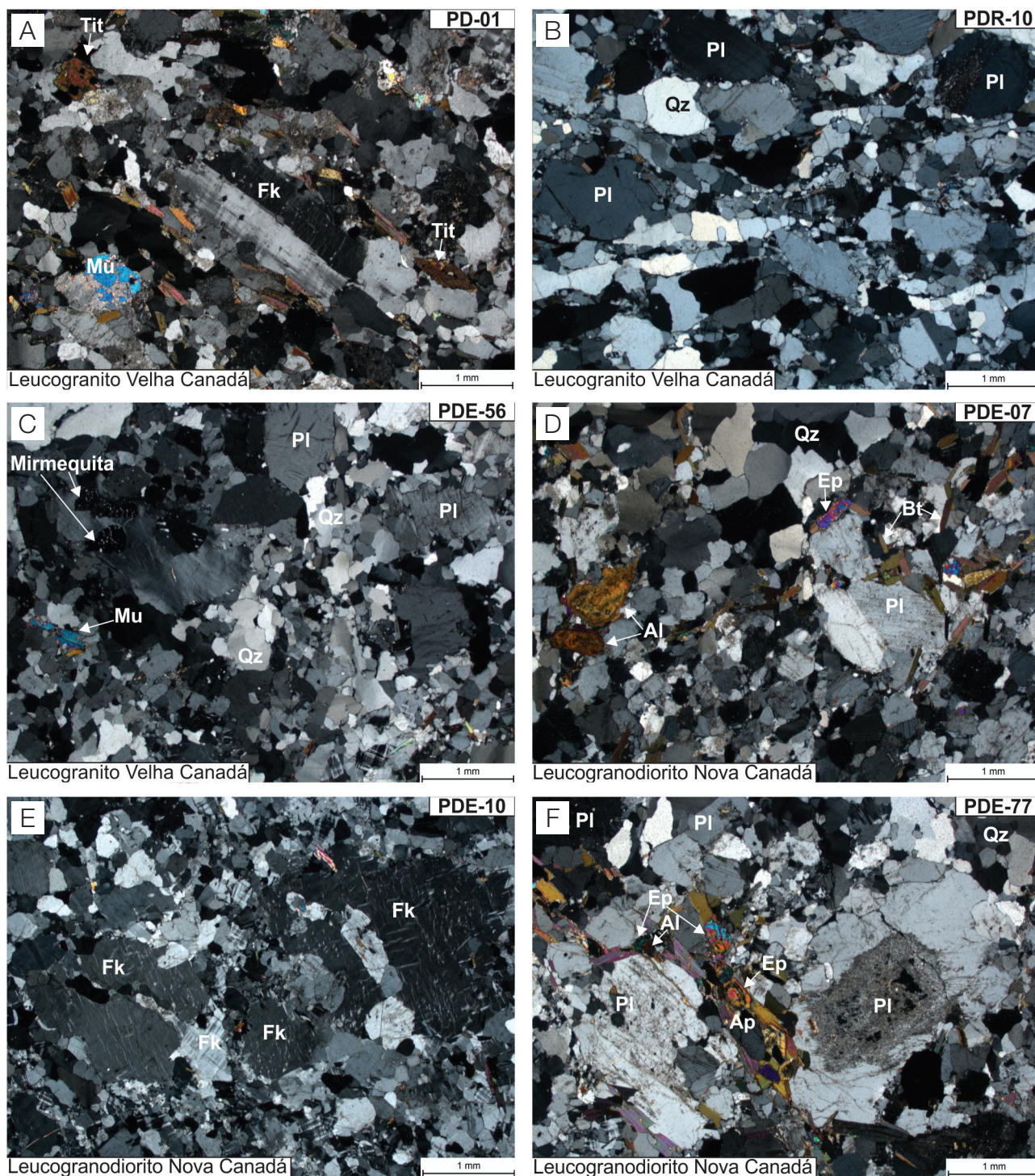


Figura 4. Aspectos petrográficos do Leucogranito Velha Canadá: (A) fenocristal de feldspato alcalino (Fk) maclado orientado paralelamente à biotita (Bt) e titanita (Tit), marcando a foliação da rocha; (B) aspecto fortemente deformado do Leucogranito Velha Canadá próximo à zona de cisalhamento, mostrando feições de milonitização; (C) forte recrystalização de quartzo (Qz) + feldspatos e formação de mirmequita nos contatos plagioclásio (Pl) + Fk. Aspectos petrográficos do Leucogranodiorito Nova Canadá: (D) textura granular menos deformada do Leucogranodiorito Nova Canadá mostrando biotita em associação com epidoto magmático (Ep) orientado, definindo a foliação da rocha. Notam-se ainda allanita (Al) bem formada com zoneamento concêntrico; (E) fenocristais de feldspato alcalino peritéticos e finos cristais desse mineral recrystalizados na matriz; (F) fenocristais de plagioclásio com núcleos descalcificados, formando sericita + muscovita (Mu) e cristais de biotita em associação com epidoto magmático e allanita com borda de epidoto.

quartzo e plagioclásio (Figura 4E). Ocasionalmente, esses cristais apresentam ainda inclusões de quartzo e agregados máficos formados por biotita e demais minerais acessórios. A biotita mostra contatos retos com a titanita, o epidoto e raramente com a muscovita, indicando equilíbrio entre essas fases. Os fenocristais de plagioclásio podem ter núcleos descalcificados (Figura 4F), indicando zoneamento composicional.

Os principais minerais acessórios primários presentes nos dois grupos de leucogranitos são:

- (i) zircão e apatita, que em geral ocorrem como cristais idiomórficos inclusos na biotita;
- (ii) minerais opacos representados por cristais hipidiomórficos normalmente associados à biotita, titanita, allanita, podendo ainda estar inclusos nos feldspatos e bordejados por titanita;
- (iii) cristais de titanita, os quais se destacam sobretudo nas rochas do Leucogranito Velha Canadá, em que exibem formas bipiramidais (Figura 4A), porém, quando associados aos minerais opacos, biotita e clinozoisita, suas relações texturais sugerem origem a partir de transformações tardi- a pós-magmáticas;
- (iv) allanita, formada por cristais idiomórficos (Figura 4D), prismáticos e metamórficos, envolvidos por manto de epidoto (Ep_2 ; Figura 4F), sugerindo a origem deste último em condições tardimagmáticas;
- (v) demais variedades texturais de epidoto:
 - (a) cristais idiomórficos, prismáticos e de contatos retos com a biotita e minerais opacos, o que pode sugerir equilíbrio durante a cristalização dessas fases ainda no estágio magmático (Ep_1);
 - (b) cristais finos, ocorrendo como produto de saussuritização do plagioclásio já no estágio *subsolidus* (Ep_3);
- (vi) muscovita primária, que ocorre como raros cristais em contato reto com a biotita, o que pode sugerir origem magmática.

Os minerais secundários encontram-se associados à desestabilização do plagioclásio cálcico (Figura 4F), gerando finos cristais de sericita-muscovita, carbonato, escapolita e Ep_3 , ou menos comumente associados aos cristais de biotita, originando clorita e Ep_4 .

Geoquímica

Os resultados geoquímicos foram obtidos por meio da análise química de 17 amostras do Leucogranito Velha Canadá e 28 do Leucogranodiorito Nova Canadá (Tabelas 3 e 4, respectivamente). Essas análises foram realizadas no Laboratório Acme Analytical Laboratories Ltda., utilizando o pacote de análises 4A–4B, e os métodos empregados, bem como os limites de detecção, podem ser encontrados no *site* do laboratório (www.acmelab.com).

Elementos maiores e menores

As composições químicas representativas das associações leucograníticas da área de Nova Canadá estão resumidas nas Tabelas 3 e 4. Os dados de elementos maiores mostram composições de rochas graníticas para ambas as unidades estudadas e revelam significativas diferenças geoquímicas entre elas. O conteúdo de SiO_2 das rochas do Leucogranito Velha Canadá varia entre 71,57 e 76,33% (Tabela 3) e é ligeiramente inferior nas rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá (70,08 a 75,08%), conforme Tabela 4. Diferenças também são observadas para os valores de Fe_2O_3 , TiO_2 e K_2O (Figuras 5A, 5B e 5C), os quais são claramente mais elevados nas rochas do Leucogranito Velha Canadá (0,63 a 2,94%; 0,07 a 0,37%; e 3,4 a 5,90%, nessa ordem) em relação àquelas do Leucogranodiorito Nova Canadá (0,43 a 1,60%; 0,03 a 0,19%; e 2,02 a 4,06%). Nota-se que os teores de Fe_2O_3 e TiO_2 mostram correlação negativa com o aumento dos teores de sílica em todos os granitos estudados (Figuras 5A e 5B). Por outro lado, os conteúdos de Al_2O_3 , CaO e Na_2O (Figuras 5D, 5E e 5F, respectivamente) são mais elevados no Leucogranodiorito Nova Canadá (14,94 a 16,37%; 1,31 a 2,45%; e 4,70 a 5,91%, nessa ordem) em relação ao Leucogranito Velha Canadá (12,83 a 15,95%; 0,70 a 2,02%; e 2,98 a 4,49%). Os teores de alumínio, com frequência elevados ($Al_2O_3 > 15,0\%$), permitem classificar as rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá como granitos de alto-Al (Barker e Arth, 1976; Barker, 1979), principalmente quando comparados com aqueles das típicas séries cálcio-alcalinas (Irvine e Baragar, 1971; Ringwood, 1975; Wilson, 1989).

Em geral, as rochas estudadas são hololeucocráticas. Os teores de elementos ferromagnesianos ($Fe_2O_3 + MgO + TiO_2$) são inferiores a 4% (Tabelas 3 e 4 e Figura 6A), e aquelas do Leucogranodiorito Nova Canadá mostram os menores teores (0,54 a 2,4%). Para ambos, os valores do número de magnésio (#Mg) são bastante coincidentes (Figura 6B), porém nota-se maior concentração de teores moderados a altos (#Mg = 0,41 a 0,58) nas rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá, enquanto naquelas do Leucogranito Velha Canadá valores considerados baixos são frequentes (#Mg = 0,23 a 0,61). Os conteúdos de MgO dos leucogranitos estudados são bastante coincidentes (Velha Canadá = 0,05 a 0,68%; Nova Canadá = 0,08 a 0,61%, conforme Tabelas 3 e 4, respectivamente), sendo as razões $FeOt/(FeOt+MgO)$ mais elevadas nas rochas do Leucogranito Velha Canadá (0,68 a 0,92) em relação àquelas do Leucogranodiorito Nova Canadá (0,70 a 0,83). Esses valores refletem a maior afinidade das rochas deste último e o comportamento relativamente ambíguo do Leucogranito Velha Canadá quando comparados aos granitos magnesianos e ferrosos de Frost et al. (2001), respectivamente (Figura 6C).

Os diagramas de Harker ressaltam as diferenças composicionais entre os dois leucogranitos supracitados, com a

Tabela 3. Composições químicas das rochas do Leucogranito Velha Canadá.

Variedade	Leucogranito Velha Canadá																				Média								
	Leucogranitos com alta razão La/Yb										Leucogranitos com baixa razão La/Yb																		
	BLGrd					BLMzg					BLGrd					BLMzg													
Litologia	PDE	CP	PDE	PDE	PDE	PDR	PDR	PDR	PDR	PDR	PDE	PDE	PDE	PDE	PDR	PDR	PDR	PDR	PDR	PDR	PDE	PDE	PDE	PDE	PDR	PDR	PDR	PDR	Média
Amostra	38	30	69	41A	39	08	59	01	33	58	73,66	74,33	73,74	71,59	72,02	72,21	72,83	76,33	73,23	73,31	73,07								
Elementos	71,57	72,38	73,12	73,91	73,99	74,31	74,70	75,39	73,66	74,33	73,74	71,59	72,02	72,21	72,83	76,33	73,23	73,31	73,07										
SiO ₂	0,26	0,25	0,25	0,09	0,11	0,13	0,11	0,22	0,12	0,08	0,16	0,36	0,34	0,37	0,27	0,07	0,31	0,17	0,27										
TiO ₂	14,81	14,58	13,44	13,48	13,92	13,54	13,36	12,83	13,61	13,20	13,68	13,56	13,52	13,43	14,01	13,18	13,38	13,69	13,54										
Al ₂ O ₃	1,63	1,62	1,96	1,27	1,14	1,34	1,30	1,61	1,58	1,35	1,48	2,70	2,94	2,48	2,41	0,63	2,15	1,77	2,15										
Fe ₂ O _{3t}	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02										
MnO	0,68	0,34	0,42	0,25	0,39	0,22	0,21	0,19	0,25	0,29	0,32	0,65	0,60	0,66	0,26	0,05	0,43	0,35	0,43										
MgO	1,71	1,46	1,30	1,05	1,25	1,28	1,16	0,77	1,19	2,02	1,32	1,63	1,69	1,68	1,36	0,70	1,36	1,14	1,37										
CaO	4,49	3,89	3,04	3,07	3,80	3,47	3,24	3,60	3,29	3,52	3,54	3,33	3,76	3,39	4,23	4,40	3,43	2,98	3,65										
Na ₂ O	3,78	4,65	5,37	5,79	4,57	4,89	5,12	4,17	5,33	4,04	4,77	4,72	3,97	4,41	3,48	4,07	4,64	5,90	4,46										
K ₂ O	0,08	0,06	0,05	0,02	0,05	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,04	0,08	0,10	0,09	0,03	<0,01	0,06	0,06	0,07										
P ₂ O ₅	0,80	0,60	0,80	0,70	0,50	0,60	0,60	0,80	0,70	0,90	0,70	1,10	0,80	1,00	0,60	0,50	0,70	0,40	0,73										
LOI	99,83	99,83	99,77	99,68	99,76	99,81	99,84	99,67	99,80	99,79	99,78	99,72	99,79	99,76	99,51	99,94	99,77	99,78	99,75										
Total	674,00	984,00	998,00	1455,00	1112,00	842,00	747,00	1390,00	681,00	1126,00	1000,90	1090,00	646,00	1070,00	1938,00	32,00	782,00	844,00	914,57										
Ba	176,30	157,90	153,90	112,50	174,70	163,40	182,40	105,20	173,90	95,40	149,56	143,60	169,20	141,60	88,10	158,00	194,30	155,30	150,01										
Rb	266,20	204,40	151,50	249,20	347,30	139,60	142,10	380,40	134,70	243,50	225,89	222,40	169,60	222,10	461,80	44,40	168,90	215,20	214,91										
Sr	78,80	162,90	215,70	117,60	74,00	116,10	139,10	205,10	142,40	138,00	138,97	281,90	287,30	274,40	368,30	34,70	243,80	174,80	237,89										
Zr	7,80	11,30	5,00	1,90	3,10	14,50	7,00	6,50	8,00	3,30	6,84	9,60	19,40	10,00	11,40	11,20	10,40	10,70	11,81										
Nb	9,90	6,10	7,20	3,50	7,60	9,10	5,40	13,30	8,20	3,90	7,42	18,80	37,60	20,60	33,00	29,60	38,60	26,30	29,21										
Y	17,80	20,10	14,10	13,40	15,60	14,90	13,80	14,70	15,50	13,30	15,32	14,90	17,30	14,00	17,10	18,20	14,50	14,30	15,76										
Ga	4,00	3,00	3,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,30	4,00	5,00	3,00	4,00	3,00	3,00	1,00	3,29										
Sc	9,20	23,40	29,80	48,50	12,70	29,90	46,90	63,80	37,90	48,90	35,10	11,20	26,60	12,10	35,60	21,50	20,00	39,10	23,73										
Th	2,50	4,20	1,50	5,50	3,20	7,40	28,20	0,90	7,50	8,30	6,92	0,60	3,30	0,90	5,90	27,60	1,60	7,10	6,71										
U	14,00	21,00	19,00	13,00	13,00	<8	<8	9,00	10,00	17,00	14,50	26,00	29,00	24,00	13,00	<8	23,00	14,00	21,50										
V	23,10	41,90	54,20	53,00	30,00	33,60	30,80	147,90	54,90	5,10	47,45	55,20	52,60	59,20	184,10	22,90	77,80	52,20	72,00										
La	41,30	79,70	109,70	72,50	41,30	67,60	82,30	232,00	107,50	8,90	84,28	118,90	113,60	121,70	300,70	51,30	153,00	103,40	137,51										
Ce	4,67	7,70	11,14	8,52	5,59	7,06	6,59	30,45	11,88	0,95	9,46	12,25	13,04	13,53	36,69	7,42	17,47	10,96	15,91										
Pr	13,70	23,90	36,80	26,50	18,30	25,50	21,70	94,70	39,50	3,20	30,38	42,80	46,90	45,30	121,30	29,90	60,50	40,60	55,33										
Nd	2,19	3,01	4,98	2,95	2,93	4,16	4,01	12,30	6,24	0,64	4,34	6,64	8,83	7,77	17,48	7,68	9,28	6,94	9,23										
Sm																													

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Variedade	Leucogranito Velha Canadá																					Média
	Leucogranitos com alta razão La/Yb										Leucogranitos com baixa razão La/Yb											
	BLGrd					BLMzg					BLGrd					BLMzg						
Litologia	PDE	CP	PDE	PDE	PDE	PDR	PDR	PDR	PDR	PDR	PDE	PDE	PDE	PDR	PDR	PDR	PDR	PDR	PDE	PDE	PDR	Média
Amostra	38	30	69	41A	39	08	08	59	01	01	33	33	58	01	60	10	13	56	30	07		
Eu	0,49	0,62	0,54	0,49	0,59	0,50	0,48	0,48	0,87	0,45	0,45	0,36	0,36	0,54	0,89	0,74	0,91	0,36	0,80	0,86	0,75	
Gd	1,51	1,73	2,80	1,58	2,17	2,99	2,80	2,80	6,63	3,34	3,34	0,63	0,63	2,62	6,95	5,17	10,50	6,53	6,64	5,00	6,55	
Tb	0,23	0,22	0,34	0,15	0,27	0,39	0,30	0,30	0,72	0,39	0,39	0,10	0,10	0,31	1,16	0,81	1,35	1,04	1,05	0,82	1,00	
Dy	1,19	1,11	1,50	0,59	1,26	1,98	1,21	1,21	2,76	1,54	1,54	0,66	0,66	1,38	6,77	4,38	5,93	5,73	5,62	4,73	5,26	
Ho	0,24	0,19	0,24	0,09	0,26	0,36	0,19	0,19	0,41	0,26	0,26	0,13	0,13	0,24	1,29	0,69	1,00	1,05	1,04	0,86	0,95	
Er	0,67	0,56	0,72	0,18	0,66	0,88	0,52	0,52	1,10	0,71	0,71	0,33	0,33	0,63	3,79	2,07	2,90	2,93	2,98	2,53	2,74	
Tm	0,10	0,09	0,10	0,04	0,10	0,16	0,06	0,06	0,12	0,11	0,11	0,05	0,05	0,09	0,26	0,30	0,45	0,48	0,46	0,38	0,42	
Yb	0,54	0,55	0,70	0,25	0,59	0,97	0,44	0,44	0,89	0,80	0,80	0,43	0,43	0,62	3,66	1,80	2,95	3,04	2,60	2,14	2,53	
Lu	0,08	0,08	0,13	0,05	0,10	0,16	0,08	0,08	0,11	0,13	0,13	0,08	0,08	0,10	0,48	0,20	0,46	0,47	0,34	0,28	0,35	
A/CNK	1,02	1,04	1,02	1,02	1,03	1,02	1,03	1,03	1,08	1,02	1,02	0,95	0,95	1,02	1,00	1,00	1,06	1,02	1,02	1,02	1,02	
K ₂ O/Na ₂ O	0,84	1,20	1,77	1,89	1,20	1,41	1,58	1,16	1,16	1,62	1,62	1,15	1,15	1,38	1,42	1,06	1,30	0,93	1,35	1,98	1,26	
FeO ₁ /(FeO ₁ +MgO)	0,68	0,81	0,81	0,82	0,72	0,85	0,85	0,85	0,88	0,85	0,85	0,81	0,81	0,81	0,79	0,82	0,77	0,89	0,82	0,82	0,83	
Fe ₂ O ₃ +MgO+TiO ₂	2,57	2,21	2,63	1,61	1,64	1,69	1,62	1,62	2,02	1,95	1,95	1,72	1,72	1,97	3,71	3,88	3,51	2,94	2,89	2,29	2,85	
#Mg	0,61	0,44	0,44	0,42	0,56	0,38	0,37	0,37	0,30	0,37	0,37	0,44	0,44	0,43	0,41	0,51	0,50	0,28	0,42	0,42	0,40	
Sr/Y	26,89	33,51	21,04	71,20	45,70	15,34	26,31	28,60	28,60	16,43	16,43	62,44	62,44	34,75	11,83	4,51	10,78	13,99	4,38	8,18	7,88	
Rb/Sr	0,66	0,77	1,02	0,45	0,50	1,17	1,28	0,28	0,28	1,29	1,29	0,39	0,39	0,78	0,65	1,00	0,64	0,19	1,15	0,72	1,13	
Rb/Zr	2,24	0,97	0,71	0,96	2,36	1,41	1,31	0,51	0,51	1,22	1,22	0,69	0,69	1,24	0,51	0,59	0,52	0,24	0,80	0,89	1,16	
Ba/Sr	2,53	4,81	6,59	5,84	3,20	6,03	5,26	3,65	3,65	5,06	5,06	4,62	4,62	4,76	4,90	3,81	4,82	4,20	4,63	3,92	3,86	
Rb/Y	17,81	25,89	21,38	32,14	22,99	17,96	33,78	7,91	21,21	21,21	24,46	24,46	22,55	22,55	7,64	4,50	6,87	5,34	5,03	5,90	5,42	
Nb/Ta	15,60	5,95	16,67	3,80	6,20	16,11	14,00	13,00	8,00	8,00	1,83	1,83	10,12	10,12	12,00	7,46	10,00	6,00	11,56	3,15	7,86	
(La/Yb) _N	28,87	51,42	52,26	143,10	34,32	23,38	47,25	112,17	46,32	46,32	8,01	8,01	54,71	54,71	24,19	9,70	22,20	42,12	20,20	16,46	19,99	
(Ce/Yb) _N	19,79	37,51	40,56	75,06	18,12	18,04	48,41	67,47	34,78	34,78	5,36	5,36	36,51	36,51	19,98	8,03	17,50	26,38	15,23	12,51	14,86	
(La/Sm) _N	6,64	8,76	6,85	11,31	6,45	5,09	4,84	7,57	5,54	5,54	5,02	5,02	6,81	6,81	5,23	3,75	4,80	6,63	5,28	4,74	4,61	
(Gd/Er) _N	1,83	2,51	3,16	7,13	2,67	2,76	4,38	4,90	3,82	3,82	1,55	1,55	3,47	3,47	2,08	1,49	2,03	2,94	1,81	1,61	1,97	
ΣETR	90,01	161,36	223,89	166,89	104,12	146,31	151,48	530,96	227,75	227,75	21,56	21,56	182,43	182,43	250,56	260,54	263,66	686,72	339,58	231,70	310,51	
ΣETR Leves	85,45	156,83	217,36	163,96	98,71	138,42	145,88	518,22	220,47	220,47	19,15	19,15	176,45	176,45	236,45	235,86	248,24	661,18	318,85	214,96	290,73	
ΣETR Pesados	4,56	4,53	6,53	2,93	5,41	7,89	5,60	12,74	7,28	7,28	2,41	2,41	5,99	5,99	14,11	24,68	15,42	25,54	20,73	16,74	19,78	
Eu/Eu*	0,78	0,76	0,40	0,63	0,69	0,41	0,42	0,27	0,27	0,27	1,71	1,71	0,63	0,63	0,34	0,34	0,19	0,15	0,30	0,43	0,30	

Fe₂O₃: ferro total recalculado como FeO; FeO: ferro total recalculado como FeO; LOI: loss of ignition; A/CNK: razão molecular Al/(Ca+Na+K); #Mg: razão molecular Mg/(Mg + Fe); La_N, Yb_N, Sm_N, Gd_N, Eu_N: valores de ETR normalizados (Evensen et al., 1978); Eu/Eu*: anomalia de Eu calculada como [Eu(Eu*)] = [(Eu_N)/(Sm_N+Gd_N)/2]; BLGrd: biotita leucogranodiorito; BLMzg: biotita leucomonzogranito.

Tabela 4. Composições químicas das rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá.

Leucogranodiorito Nova Canadá															
Litologia	BLGrd														
Amostra	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	ADK	PDR	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDR
Elemento	07	73	77	48	24A	26B	70	121B	27A	03	81	86	75A	29	16
SiO ₂	70,08	70,47	70,85	71,10	71,20	71,22	71,59	71,69	71,71	71,89	71,94	72,13	72,22	72,27	72,32
TiO ₂	0,19	0,14	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14	0,11	0,11	0,12	0,14	0,12	0,11	0,09
Al ₂ O ₃	16,21	16,37	15,87	15,95	15,65	15,69	15,55	15,58	15,52	15,61	15,51	15,28	15,16	15,29	15,36
Fe ₂ O _{3t}	1,60	1,42	1,51	1,25	1,44	1,34	1,19	1,30	1,02	0,99	1,20	1,35	1,45	1,04	1,13
MnO	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01
MgO	0,61	0,45	0,48	0,37	0,48	0,46	0,42	0,45	0,30	0,25	0,35	0,43	0,39	0,28	0,22
CaO	2,45	2,16	2,16	2,28	2,01	1,93	2,03	1,92	1,57	1,83	1,77	1,89	1,80	1,71	1,89
Na ₂ O	5,71	5,91	5,65	5,51	5,46	5,37	5,38	5,41	4,85	5,33	5,40	5,47	5,34	5,37	5,22
K ₂ O	2,02	2,12	2,21	2,20	2,53	2,81	2,70	2,64	4,06	2,95	2,88	2,55	2,61	2,73	2,62
P ₂ O ₅	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,05	0,02	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
LOI	0,70	0,70	0,70	0,80	0,70	0,60	0,60	0,50	0,50	0,70	0,50	0,40	0,60	0,90	0,60
Total	99,64	99,76	99,69	99,67	99,72	99,67	99,68	99,69	99,71	99,70	99,75	99,73	99,73	99,73	99,51
Ba	1568,00	999,00	1299,00	1509,00	1297,00	1622,00	1656,00	1557,00	1348,00	1437,00	1134,00	1203,00	1118,00	1248,00	2710,00
Rb	39,60	63,80	56,30	43,60	61,60	62,70	66,10	65,90	108,00	57,60	82,60	61,70	69,70	69,20	43,40
Sr	1062,90	815,80	890,60	870,40	800,80	866,90	858,10	812,80	659,70	777,00	716,40	744,60	709,00	705,50	756,80
Zr	85,30	67,70	65,80	90,00	71,10	65,20	66,50	69,80	68,00	79,60	63,70	76,80	64,00	63,50	69,40
Nb	2,30	2,80	2,60	1,60	4,50	2,50	2,70	3,00	3,00	1,70	2,80	2,80	2,60	2,30	1,80
Y	4,30	3,90	4,40	2,70	2,90	7,60	3,30	4,30	7,90	22,00	5,30	5,00	9,50	3,20	3,10
Ga	16,80	18,70	17,80	17,40	17,90	16,30	16,70	17,30	17,40	16,20	17,80	17,40	16,40	18,00	16,10
Sc	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	<1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Th	2,00	2,20	2,30	2,80	1,80	2,10	2,90	2,20	6,00	1,90	2,80	2,60	3,30	2,30	3,40
U	0,70	2,10	1,20	0,60	0,90	1,10	1,10	1,10	3,20	1,40	1,40	0,90	3,90	1,00	0,40
V	20,00	14,00	13,00	12,00	15,00	17,00	13,00	12,00	9,00	12,00	10,00	13,00	13,00	8,00	<8
La	10,70	9,20	6,90	11,60	7,60	10,50	9,70	7,20	11,30	32,70	6,60	9,90	9,30	7,60	11,70
Ce	23,30	18,10	14,50	20,90	15,70	17,30	24,00	13,90	22,00	35,30	17,30	15,80	16,10	15,60	21,90
Pr	2,86	2,17	1,73	2,30	2,00	2,38	2,38	1,71	2,57	6,08	1,63	2,05	2,15	1,67	2,32
Nd	10,80	7,10	6,50	8,50	8,10	10,40	8,70	6,90	10,00	25,90	5,40	7,80	7,30	5,70	8,60
Sm	2,28	1,63	1,60	1,34	1,75	1,82	1,74	1,46	1,94	4,02	1,40	1,69	1,83	1,21	1,22
Eu	0,59	0,48	0,44	0,37	0,44	0,50	0,47	0,34	0,43	1,63	0,38	0,42	0,49	0,27	0,33
Gd	1,51	1,26	1,27	0,97	1,26	1,52	1,23	1,17	1,66	3,82	1,25	1,36	1,82	0,95	0,91
Tb	0,22	0,19	0,16	0,11	0,16	0,22	0,17	0,15	0,22	0,52	0,18	0,17	0,27	0,11	0,12
Dy	1,03	0,86	0,90	0,36	0,62	1,15	0,90	0,62	0,83	2,66	1,05	0,95	1,26	0,41	0,54
Ho	0,17	0,16	0,16	0,10	0,11	0,23	0,13	0,11	0,19	0,54	0,18	0,13	0,28	0,10	0,11
Er	0,39	0,38	0,47	0,16	0,22	0,56	0,35	0,34	0,52	1,49	0,56	0,35	0,76	0,21	0,31
Tm	0,05	0,06	0,06	0,03	0,03	0,07	0,06	0,04	0,07	0,23	0,08	0,06	0,13	0,04	0,05
Yb	0,48	0,43	0,38	0,18	0,29	0,65	0,31	0,25	0,35	1,38	0,51	0,31	0,55	0,09	0,19
Lu	0,03	0,05	0,06	0,04	0,02	0,08	0,04	0,05	0,06	0,18	0,06	0,05	0,09	0,04	0,04
A/CNK	1,01	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,01	1,02	1,03	1,03
K ₂ O/Na ₂ O	0,35	0,36	0,39	0,40	0,46	0,52	0,50	0,49	0,84	0,55	0,53	0,47	0,49	0,51	0,50
FeO/(FeO+MgO)	0,70	0,74	0,74	0,75	0,73	0,72	0,72	0,72	0,75	0,78	0,76	0,74	0,77	0,77	0,82
Fe ₂ O ₃ +MgO+TiO ₂	2,40	2,01	2,14	1,78	2,07	1,94	1,75	1,89	1,43	1,35	1,67	1,92	1,96	1,43	1,44
#Mg	0,58	0,55	0,54	0,52	0,55	0,46	0,57	0,54	0,52	0,48	0,52	0,54	0,51	0,50	0,42
Sr/Y	247,19	209,18	202,41	322,37	276,14	114,07	260,03	189,02	83,51	35,32	135,17	148,92	74,63	220,47	244,13
Rb/Sr	0,04	0,08	0,06	0,05	0,08	0,07	0,08	0,08	0,16	0,07	0,12	0,08	0,10	0,10	0,06
Rb/Zr	0,48	0,87	0,96	0,99	0,94	1,59	0,84	0,72	1,30	0,80	1,09	1,09	1,19	0,63	1,38
Ba/Sr	1,48	1,22	1,46	1,73	1,62	1,87	1,93	1,92	2,04	1,85	1,58	1,62	1,58	1,77	3,58
Rb/Y	9,21	16,36	12,80	16,15	21,24	8,25	20,03	15,33	13,67	2,62	15,58	12,34	7,34	21,63	14,00
Nb/Ta	7,67	4,00	8,67	3,20	15,00	2,27	9,00	2,50	6,00	4,25	4,00	9,33	6,50	1,92	3,00
(La/Yb) _N	15,05	14,44	12,26	43,50	17,69	10,90	21,12	19,44	21,79	15,99	8,74	21,56	11,41	57,00	41,56
(Ce/Yb) _N	12,56	10,89	9,88	30,05	14,01	6,89	20,04	14,39	16,27	6,62	8,78	13,19	7,58	44,86	29,83
(La/Sm) _N	2,95	3,55	2,72	5,45	2,73	3,63	3,51	3,10	3,67	5,12	2,97	3,69	3,20	3,95	6,04
(Gd/Er) _N	3,15	2,69	2,20	4,93	4,65	2,21	2,86	2,80	2,59	2,08	1,81	3,16	1,95	3,68	2,39
ΣETR	54,41	42,07	35,13	46,96	38,30	47,38	50,18	34,24	52,14	116,45	36,58	41,04	42,33	34,00	48,34
ΣETR Leves	50,53	38,68	31,67	45,01	35,59	42,90	46,99	31,51	48,24	105,63	32,71	37,66	37,17	32,05	46,07
ΣETR Pesados	3,88	3,39	3,46	1,95	2,71	4,48	3,19	2,73	3,90	10,82	3,87	3,38	5,16	1,95	2,27
Eu/Eu*	0,92	0,99	0,91	0,95	0,87	0,89	0,94	0,77	0,72	1,25	0,86	0,82	0,81	0,74	0,92

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Litologia	Leucogranodiorito Nova Canadá													Média
	BLGrd										BLMzg			
	Amostra	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDE	PDR	PDE	PDE	
Elemento	47	46	83	28	09	87	53	04	90	12	85	79	10	
SiO ₂	72,33	72,34	72,47	72,57	72,68	72,78	72,91	73,51	73,59	75,08	71,87	72,31	72,98	72,15
TiO ₂	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,09	0,09	0,03	0,13	0,12	0,09	0,12
Al ₂ O ₃	15,35	15,34	14,94	15,37	15,26	15,03	15,10	14,98	15,02	14,26	15,41	15,15	15,13	15,39
Fe ₂ O _{3t}	1,05	0,96	1,25	0,93	0,97	1,12	0,88	0,81	0,84	0,43	1,33	1,23	0,94	1,14
MnO	0,02	0,03	0,02	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	<0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
MgO	0,30	0,24	0,34	0,25	0,19	0,32	0,25	0,19	0,18	0,08	0,44	0,34	0,21	0,33
CaO	1,59	1,61	1,42	1,74	1,58	1,64	1,44	1,42	1,31	1,42	1,88	1,66	1,44	1,77
Na ₂ O	5,13	5,27	5,24	5,21	5,25	5,11	5,05	5,31	5,05	4,70	5,37	5,20	5,15	5,30
K ₂ O	3,40	3,18	3,05	2,80	3,02	2,93	3,51	2,83	3,20	3,07	2,52	3,03	3,30	2,84
P ₂ O ₅	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04	0,02	0,01	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04
LOI	0,40	0,60	0,80	0,70	0,70	0,60	0,40	0,60	0,50	0,50	0,60	0,60	0,50	0,61
Total	99,73	99,74	99,72	99,75	99,79	99,73	99,74	99,79	99,83	99,64	99,67	99,70	99,78	99,71
Ba	1277,00	1126,00	1561,00	1279,00	1075,00	1310,00	1203,00	882,00	805,00	2262,00	1490,00	1391,00	970,00	1369,14
Rb	90,70	104,20	63,40	55,50	54,40	71,90	100,40	81,00	96,60	47,20	57,00	76,90	84,60	69,13
Sr	680,90	652,30	566,90	692,00	580,10	662,30	639,80	521,70	454,40	511,20	836,30	725,20	579,30	719,63
Zr	65,80	65,30	61,60	60,90	60,00	60,90	63,30	49,80	47,60	38,60	67,80	64,80	52,60	65,19
Nb	3,60	2,90	3,50	2,00	3,40	2,50	3,80	2,50	3,20	0,60	2,70	3,00	2,90	2,70
Y	4,80	5,40	3,20	2,40	6,20	10,10	5,00	3,30	7,20	0,80	18,40	4,70	6,10	5,96
Ga	17,40	17,60	16,30	16,30	17,60	16,30	17,90	17,60	18,90	14,20	16,50	17,00	19,00	17,17
Sc	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00	<1	2,00	2,00	2,00	1,96
Th	5,10	4,40	3,30	1,20	2,00	2,60	4,80	3,20	3,50	2,90	2,30	3,00	4,10	2,96
U	1,40	4,80	1,10	0,90	1,20	1,30	4,30	1,00	4,30	0,30	2,10	1,50	1,60	1,67
V	11,00	9,00	8,00	10,00	9,00	<8	8,00	9,00	<8	<8	12,00	9,00	<8	11,57
La	10,40	12,10	10,50	5,70	3,70	14,60	12,20	8,40	10,10	5,90	21,50	9,30	7,30	10,51
Ce	19,10	18,50	19,10	10,50	8,40	26,00	23,40	15,60	20,20	11,80	36,10	17,40	16,20	19,07
Pr	2,50	2,71	2,24	1,16	1,04	3,53	2,67	2,07	2,44	1,11	5,04	2,09	1,85	2,37
Nd	8,80	8,70	8,60	4,00	4,40	14,20	8,70	9,20	9,70	3,20	22,00	7,10	8,30	9,09
Sm	1,75	1,88	1,33	0,86	1,21	2,89	1,87	1,72	2,27	0,58	4,88	1,61	1,51	1,83
Eu	0,46	0,47	0,32	0,28	0,32	0,80	0,46	0,29	0,39	0,26	1,42	0,37	0,28	0,49
Gd	1,47	1,39	1,01	0,61	1,10	2,62	1,39	1,33	2,20	0,31	4,96	1,10	1,47	1,53
Tb	0,18	0,19	0,12	0,07	0,20	0,37	0,20	0,18	0,28	0,03	0,71	0,16	0,15	0,21
Dy	0,90	1,03	0,68	0,35	1,18	1,75	0,98	0,71	1,48	0,12	3,32	0,68	0,56	1,00
Ho	0,14	0,15	0,11	0,07	0,18	0,28	0,14	0,10	0,20	<0,02	0,60	0,11	0,11	0,18
Er	0,40	0,37	0,35	0,17	0,40	0,99	0,37	0,20	0,59	0,10	1,47	0,28	0,35	0,47
Tm	0,05	0,07	0,04	0,03	0,08	0,11	0,07	0,04	0,08	<0,01	0,20	0,06	0,03	0,07
Yb	0,34	0,53	0,20	0,19	0,47	0,62	0,43	0,22	0,55	0,05	1,20	0,15	0,22	0,41
Lu	0,06	0,05	0,03	0,02	0,04	0,07	0,04	0,02	0,08	<0,01	0,18	0,03	0,04	0,06
A/CNK	1,02	1,02	1,03	1,04	1,03	1,03	1,03	1,04	1,06	1,05	1,03	1,02	1,03	1,03
K ₂ O/Na ₂ O	0,66	0,60	0,58	0,54	0,58	0,57	0,70	0,53	0,63	0,65	0,47	0,58	0,64	0,54
FeO _t /(FeO _t +MgO)	0,76	0,78	0,77	0,77	0,82	0,76	0,76	0,79	0,81	0,83	0,73	0,76	0,80	0,76
Fe ₂ O ₃ +MgO+TiO ₂	1,46	1,30	1,70	1,29	1,26	1,55	1,23	1,09	1,11	0,54	1,90	1,69	1,24	1,59
#Mg	0,51	0,48	0,50	0,50	0,42	0,51	0,42	0,46	0,44	0,41	0,45	0,44	0,45	0,49
Sr/Y	141,85	120,80	177,16	288,33	93,56	65,57	127,96	158,09	63,11	639,00	45,45	154,30	94,97	176,17
Rb/Sr	0,13	0,16	0,11	0,08	0,09	0,11	0,16	0,16	0,21	0,09	0,07	0,11	0,15	0,10
Rb/Zr	1,60	1,03	0,91	0,91	1,18	1,59	1,61	1,63	2,03	1,22	0,46	0,94	0,86	1,10
Ba/Sr	1,88	1,73	2,75	1,85	1,85	1,98	1,88	1,69	1,77	4,42	1,78	1,92	1,67	1,94
Rb/Y	18,90	19,30	19,81	23,13	8,77	7,12	20,08	24,55	13,42	59,00	3,10	16,36	13,87	16,21
Nb/Ta	9,00	7,25	2,50	1,54	3,40	2,50	2,38	12,50	4,00	2,00	9,00	7,50	1,93	5,46
(La/Yb) _N	20,65	15,41	35,44	20,25	5,31	15,89	19,15	25,77	12,40	79,65	12,09	41,85	22,40	23,53
(Ce/Yb) _N	14,54	9,03	24,72	14,30	4,63	10,85	14,08	18,35	9,51	61,08	7,79	30,02	19,06	17,28
(La/Sm) _N	3,74	4,05	4,97	4,17	1,93	3,18	4,11	3,07	2,80	6,40	2,77	3,64	3,04	3,72
(Gd/Er) _N	2,99	3,05	2,34	2,92	2,23	2,15	3,05	5,40	3,03	2,52	2,74	3,19	3,41	2,93
ΣETR	46,55	48,14	44,63	24,01	22,72	68,83	52,92	40,08	50,56	23,46	103,58	40,44	38,37	47,28
ΣETR Leves	43,01	44,36	42,09	22,50	19,07	62,02	49,30	37,28	45,10	22,85	90,94	37,87	35,44	43,37
ΣETR Pesados	3,54	3,78	2,54	1,51	3,65	6,81	3,62	2,80	5,46	0,61	12,64	2,57	2,93	3,91
Eu/Eu*	0,85	0,85	0,81	1,13	0,83	0,87	0,84	0,57	0,53	1,70	0,87	0,81	0,57	0,88

Fe₂O_{3t}: ferro total recalculado como Fe₂O₃; FeO_t: ferro total recalculado como FeO; LOI: loss of ignition; A/CNK: razão molecular (Al/Ca+Na+K); #Mg: razão molecular Mg/(Mg + Fe); La_N, Yb_N, Sm_N, Gd_N, Eu_N: valores de ETR normalizados (Evensen et al., 1978); Eu/Eu*: anomalia de Eu calculada como [(Eu_N)/((Sm_N+Gd_N)/2)]; BLGrd: biotita leucogranodiorito; BLMzg: biotita leucomonzogranito.

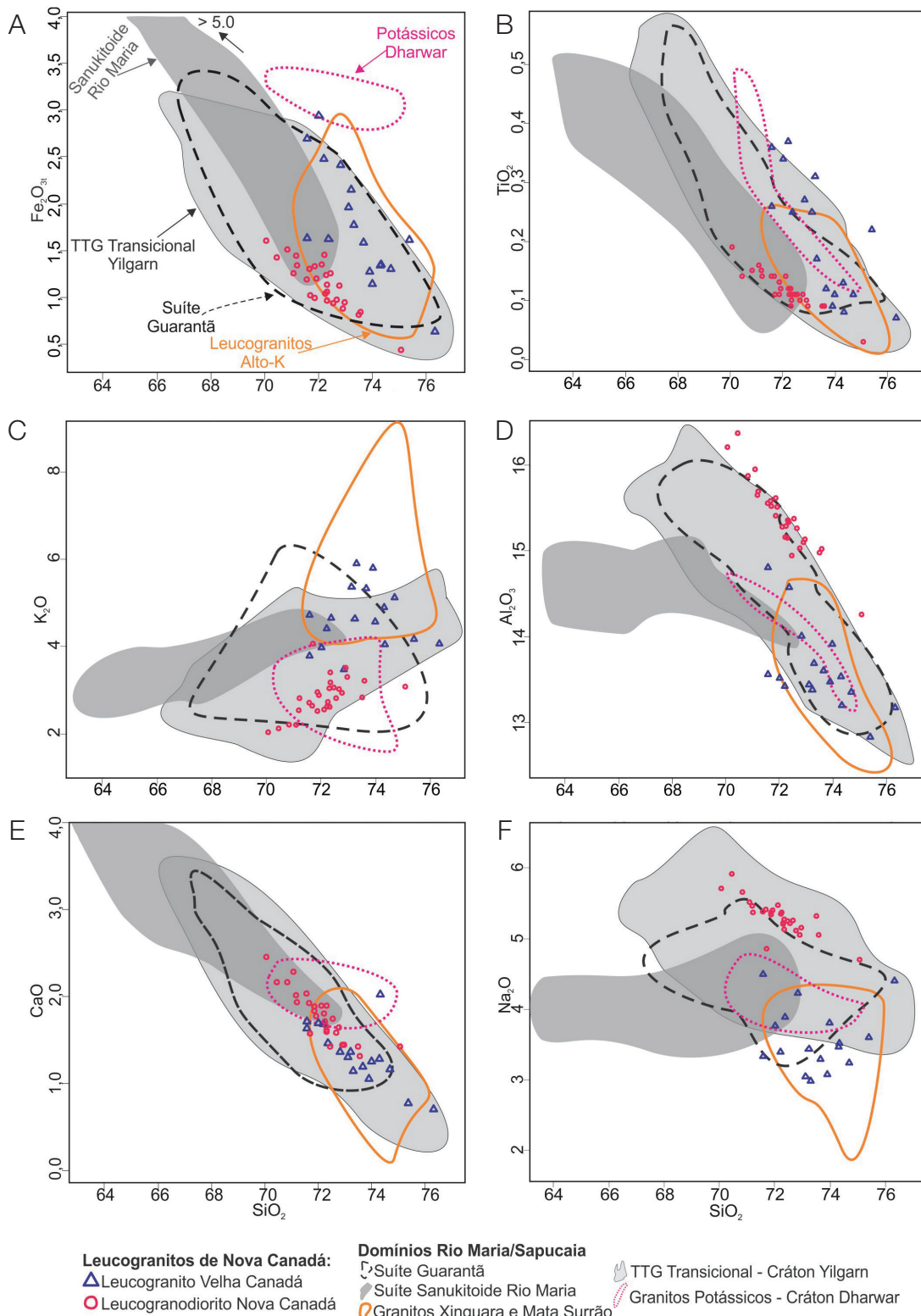


Figura 5. Diagramas de Harker para elementos maiores (% em peso) dos leucogranitos da área de Nova Canadá. Os campos da Suite Guaratã (Almeida et al., 2010), Leucogranitos Potássicos (Almeida et al., 2013) e Sanukitoide Rio Maria (Oliveira et al., 2009) da Província Carajás, bem como dos TTG transicionais do Cráton Yilgarn (suítes Goongarrie e Menangina, e plútons Barr Smith e Union Jack; Champion e Smithies, 2001) e granitos-K do Cráton Dharwar (Jayananda et al., 2006; Prabhakar et al., 2009), são usados para comparações.

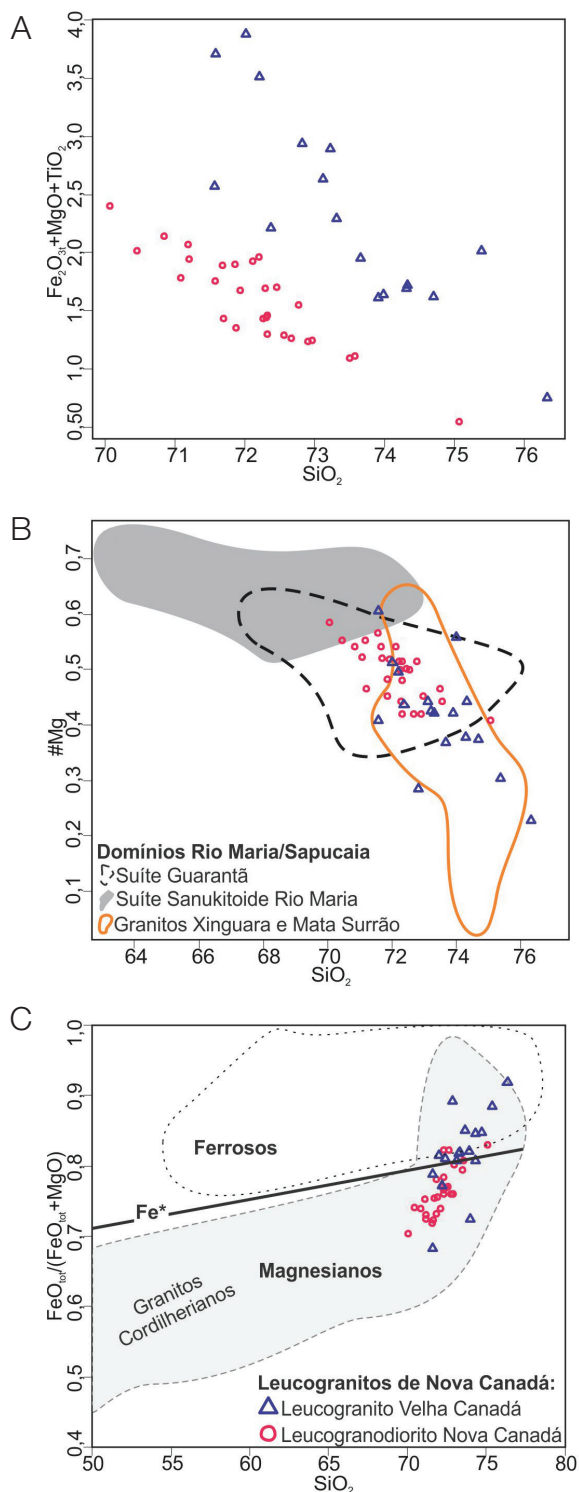


Figura 6. Diagramas de Harker com: (A) SiO_2 vs. somatório de elementos ferromagnesianos; (B) SiO_2 vs. #Mg utilizando os campos da Suíte Guarantã (Almeida et al., 2010), Leucogranitos Potássicos (Almeida et al., 2013) e Sanukitoide Rio Maria (Oliveira et al., 2009) para comparações; (C) SiO_2 vs. $\text{FeO}_{\text{tot}}/(\text{FeO}_{\text{tot}} + \text{MgO})$ com os campos definidos por Frost et al. (2001) para efeito de comparação.

disposição de suas amostras em geral marcadas pela correlação negativa entre SiO_2 e a maioria dos demais óxidos, definindo *trends* não colineares e, por vezes, paralelos entre os dois conjuntos de rochas (Figuras 5 e 6), exceto para os valores de K_2O , que mostram discreta correlação positiva com a sílica nas rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá (Figura 5C).

Caracterização da série magmática

A classificação química das rochas leucograníticas da área de Nova Canadá mostra que elas são saturadas em sílica. No diagrama P-Q (Debon e Le Fort, 1983), conforme Figura 7A, todas as rochas estudadas se alinham ao *trend* cálcio-alcálico, e as amostras de Leucogranito Velha Canadá plotam nos campos dos granodioritos, adamelitos (monzogranitos) e granitos, enquanto aquelas do Leucogranodiorito Nova Canadá plotam no campo dos granodioritos e, subordinadamente, tonalitos/trondhjemitos, o que reflete os baixos conteúdos de feldspato alcálico modal e K_2O dessas rochas (Tabelas 2 e 4, respectivamente), indicando seu caráter menos evoluído. Essa tendência também se reflete no diagrama normativo Ab-An-Or (O'Connor, 1965), de acordo com a Figura 7B, com o Leucogranodiorito Nova Canadá atestando seu caráter mais sódico.

Segundo o diagrama A/CNK vs. A/NK (Figura 7C), baseado em parâmetros de Shand (1950), essas rochas são levemente peraluminosas, o que é consistente com a mineralogia identificada (biotita \pm muscovita). No diagrama K_2O vs. SiO_2 (Peccerillo e Taylor, 1976), como se vê na Figura 7D, os granitoides estudados mostram forte afinidade geoquímica com as rochas da série cálcio-alcálica, em que as amostras do Leucogranodiorito Nova Canadá se concentram no campo das rochas cálcio-alcálicas típicas de médio K, e aquelas do Leucogranito Velha Canadá gradam do campo das rochas de alto K até aquele das rochas de afinidade shoshonítica. As razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ observadas no Leucogranodiorito Nova Canadá são moderadas (0,35 a 0,84), enquanto naquelas do Leucogranito Velha Canadá são, em geral, elevadas (0,84 a 1,98).

No diagrama K-Na-Ca (Barker e Arth, 1976), conforme Figura 7E, a tendência cálcio-alcálica tende a se repetir, com as rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá mostrando menor conteúdo de K e sua tendência mais sódica em relação ao Leucogranito Velha Canadá, mais enriquecido nesse elemento. No diagrama da Figura 7F $100 * (\text{MgO} + \text{FeO} + \text{TiO}_2) / \text{SiO}_2$ vs. $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}) / (\text{FeO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ de Sylvester (1989), as amostras do Leucogranodiorito Nova Canadá plotam preferencialmente no campo dos granitos cálcio-alcálicos e fortemente peraluminosos, contudo essas rochas não mostram caráter muito peraluminoso, e seus conteúdos de Ba e Sr corroboram para a afinidade delas com granitos cálcio-alcálicos arqueanos. Por outro lado, as amostras do Leucogranito Velha Canadá incidem em sua grande maioria no campo dos granitos cálcio-alcálicos bastante fracionados.

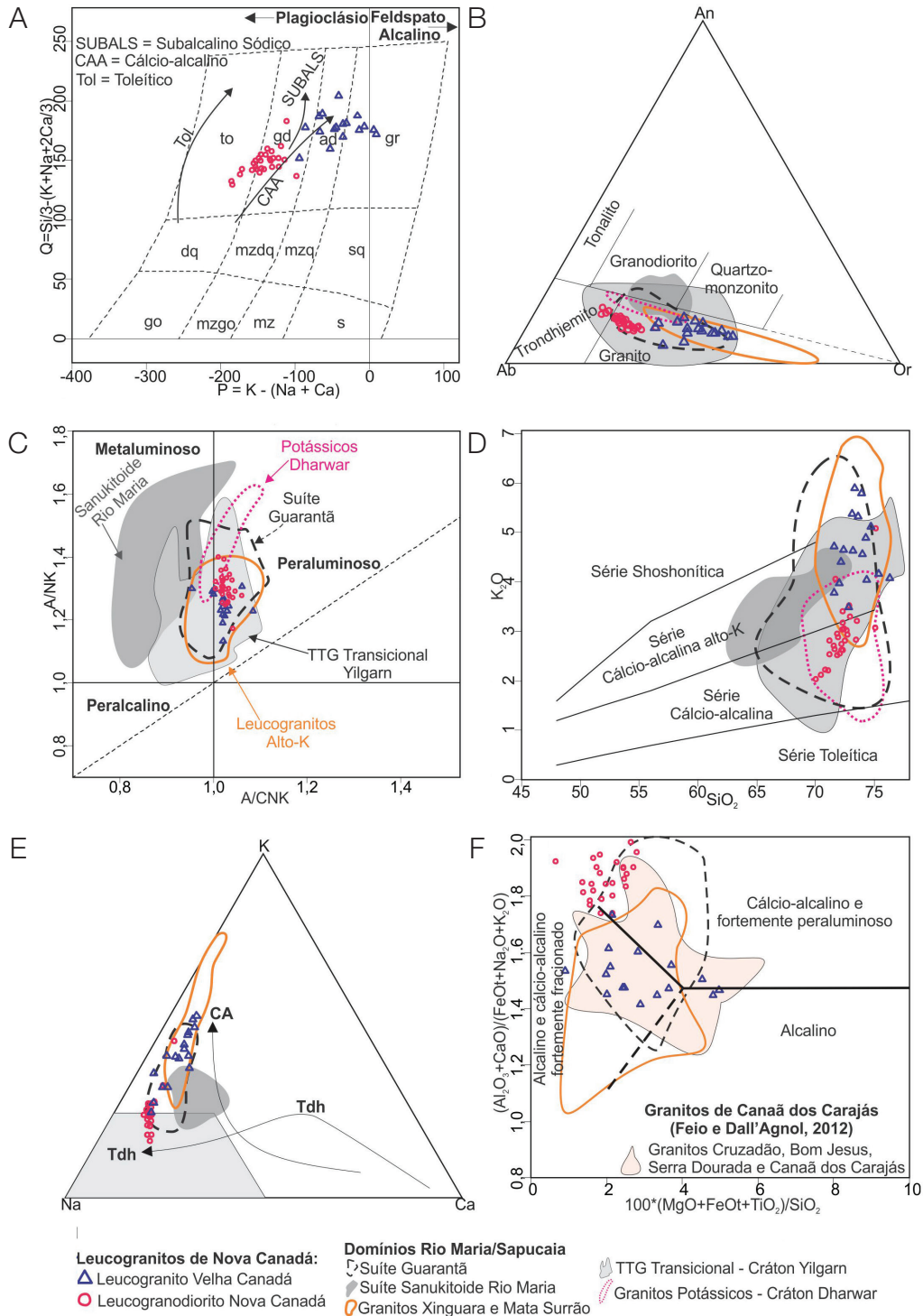


Figura 7. Caracterização geoquímica dos leucogranitos da área de Nova Canadá: (A) diagrama P-Q (Debon e Le Fort, 1983); (B) diagrama Ab-An-Or normativo (O'Connor, 1965), com campos de Barker (1979); (C) diagrama $[Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)]mol$ vs. $[Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)]mol$ (Shand, 1950); (D) diagrama SiO_2 vs. K_2O (campos de Peccerillo e Taylor, 1976); (E) diagrama K-Na-Ca com os *trends* trondhjemítico (Tdh) e cálcio-alcalino (CA) definidos por Barker e Arth (1976) e o campo cinza dos TTG arqueanos de Martin (1994); (F) diagrama $100*(MgO+FeO+TiO_2)/SiO_2$ vs. $(Al_2O_3+CaO)/(FeO+Na_2O+K_2O)$ de Sylvester (1989). Para comparações, nas Figuras B a D, a legenda está como na Figura 5; a Figura E, como na Figura 6B; e na Figura F, além dos leucogranitos da Suíte Guarantã e Potássicos (Almeida et al., 2010, 2013, respectivamente), consta o campo dos granitos cálcio-alcalinos de Canaã dos Carajás descritos por Feio e Dall'Agnol (2012) que envolvem os granitos Cruzadão, Serra Dourada, Bom Jesus e Canaã dos Carajás.

Elementos-traço

Nas séries magmáticas, a distribuição dos elementos-traço é amplamente controlada pelas fases minerais fracionadas durante a evolução magmática, constituindo assim um bom indicador dos processos petrogenéticos (Hanson, 1989). O conteúdo dos principais elementos-traço, verificados nas Tabelas 3 e 4, mostram clara distinção composicional entre as associações leucograníticas da área de Nova Canadá, similarmente ao que foi discutido para os elementos maiores. Nota-se que o conteúdo de Sr (Figura 8A) é nitidamente mais elevado nas amostras do Leucogranodiorito Nova Canadá (453 a 1.063 ppm) quando comparado às rochas do Leucogranito Velha Canadá (44 a 462 ppm). Apesar da dispersão dos conteúdos de Ba (Figura 8B), nota-se no primeiro rochas mais enriquecidas nesse elemento (805 a 2.710 ppm) em relação ao Leucogranito Velha Canadá (32 a 1.938 ppm). Por outro lado, neste último, os teores de Rb (88 a 194 ppm, Figura 8C), Y (3,5 a 38,6 ppm; Figura 8D), Zr (34,7 a 368 ppm; Figura 8E) e Nb (1,9 a 19,4 ppm; Figura 8F) são consideravelmente mais elevados em relação àqueles do Leucogranodiorito Nova Canadá [Rb (39,6 a 108 ppm), Y (0,8 a 22 ppm), Zr (38,6 a 90 ppm) e Nb (0,6 a 4,5 ppm)], os quais podem ser considerados moderados para o primeiro e baixos para o último, quando comparados a granitos alcalinos crustais (Pearce et al., 1984; Whalen et al., 1987; Eby, 1992; Sylvester, 1994).

O comportamento dos principais elementos-traço mostra ampla distribuição nos diagramas de Harker (Figura 8). Nesses diagramas, a disposição das amostras pertencentes ao Leucogranodiorito Nova Canadá define visivelmente *trends* evolutivos no tocante à sílica, enquanto aquelas do Leucogranito Velha Canadá são mais dispersas e não mostram correlações claras com o aumento da sílica. Nesse sentido, Sr, Ba (Figuras 8A e 8B) e Zr (Figura 8E) mostram correlação negativa com SiO₂ para as amostras do Leucogranodiorito Nova Canadá, indicando comportamento compatível desses elementos com as fases fracionantes durante a evolução do magma formador dessas rochas, enquanto Rb, Y e Nb (Figuras 8C, 8D e 8F) enriquecem nas fases residuais.

Os diagramas que utilizam as razões K₂O/Na₂O vs. Ba/Sr (Figura 9A) e Rb vs. Rb/Sr, Rb/Zr e Sr/Y (Figuras 9B, 9C e 9D, nessa ordem) distinguem claramente os dois grupos de rochas: as razões Ba/Sr e Rb/Sr apresentam valores médios superiores no Leucogranito Velha Canadá (4,39 e 0,92, respectivamente) em relação ao Leucogranodiorito Nova Canadá (1,94 e 0,10), com *trends* paralelos e positivos entre as razões K₂O/Na₂O vs. Ba/Sr (Figura 9A) e Rb/HFSE (Figuras 9B e 9C). Comportamento similar é observado para a razão Rb/Zr (Figura 9C), que possui valores médios coincidentes entre as duas variedades (1,20 e 1,10). Já os valores da razão Sr/Y (Figura 9D) são mais elevados nas rochas

do Leucogranodiorito Nova Canadá (média = 176,17), conforme Tabela 4, em relação àqueles observados nas rochas do Leucogranito Velha Canadá (média = 23,68). Esse comportamento discrepante pode ser visualizado em *trends* fortemente negativos para os primeiros e mais discretos para os últimos quando analisados em comparação ao Rb (Figura 9D). Nota-se também acentuado aumento das razões K₂O/Na₂O no Leucogranito Velha Canadá (média de 1,33) em relação ao Leucogranodiorito Nova Canadá (média de 0,54).

Elementos terras raras (ETR)

Os resultados analíticos obtidos para os elementos terras raras (Tabelas 3 e 4) foram normalizados em relação aos valores do condrito de Evensen et al. (1978). Em geral, os dois grupos de leucogranitos da área de Nova Canadá mostram enriquecimento em ETR leves (ETRL) em comparação aos ETR pesados (ETRP), o que indica maior fracionamento durante a formação e/ou diferenciação de seus magmas. Porém, nota-se a presença de dois padrões claramente distintos para essas rochas (Figura 10). As amostras do Leucogranodiorito Nova Canadá têm padrões de ETR levemente fracionados (Figura 10A), com razões (La/Yb)_N moderadas a baixas (79,6 a 5,3) e anomalias de Eu ausentes ou discretamente negativas (0,53 ≤ Eu/Eu* ≤ 0,99), conforme Tabela 4, e mais raramente positivas (Eu/Eu* entre 1,13 e 1,70). Seu padrão moderadamente fracionado e o comportamento do Eu assemelham-se às amostras menos fracionadas da Suite Garantã (Figura 10B) e TTG transicionais do Cráton Yilgarn (Figura 10C).

As rochas do Leucogranito Velha Canadá (Figura 10D) são mais enriquecidas em ETR (ΣETRL = 223,5; ΣETRP = 11,7) em relação às do Leucogranodiorito Nova Canadá (ΣETRL = 43,4; ΣETRP = 3,9), com razões (La/Yb)_N baixas à altas (5,1 a 143,1). Elas mostram padrão fracionado com anomalias negativas de Eu mais pronunciadas e maior enriquecimento em ETRL, similarmente às rochas dos leucogranitos potássicos da Província Carajás (Xinguara e Mata Surrão), de acordo com a Figura 10E, e granitos potássicos do Cráton Dharwar (Figura 10F). Entre as amostras do Leucogranito Velha Canadá, aquelas com razões (La/Yb)_N moderadas (28,9 a 52,3) a altas (112,2 a 143,1) mostram anomalias negativas de Eu discretas (0,40 ≤ Eu/Eu* ≤ 0,78), mais pronunciadas (Eu/Eu* = 0,27), ou até mesmo positivas (Eu/Eu* = 1,70), de acordo com a Tabela 3 e a Figura 11A, enquanto as amostras moderadas a baixas razões (La/Yb)_N (5,1 a 24,2) (Figura 11B) apresentam forte fracionamento de Eu, com anomalias negativas acentuadas (0,15 ≤ Eu/Eu* ≤ 0,43). As rochas com moderadas a altas razões (La/Yb)_N destacam-se por ter maior fracionamento de ETRP em comparação àqueles

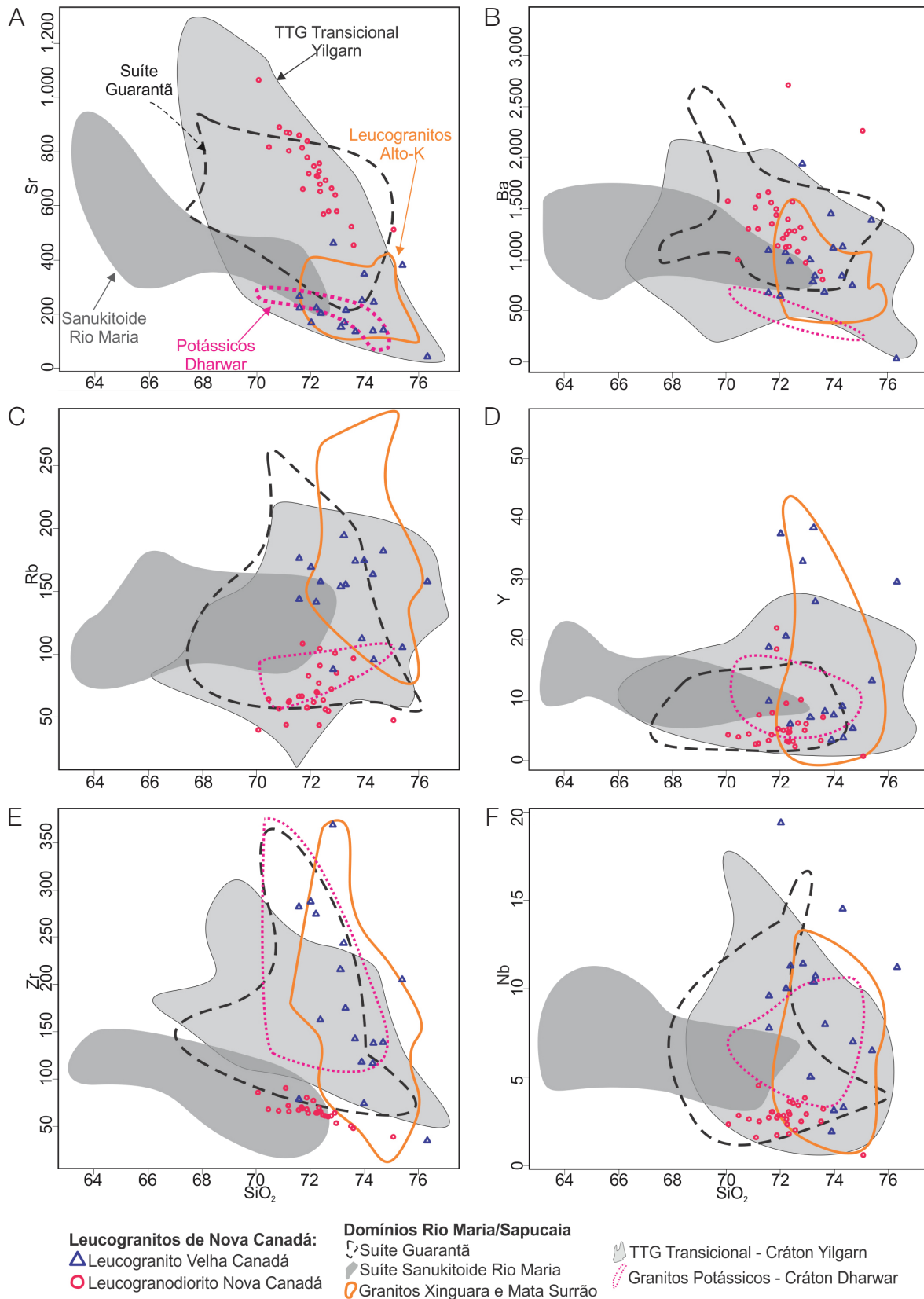


Figura 8. Diagramas de Harker para elementos-traço com os leucogranitos da área de Nova Canadá. Legenda como na Figura 5.

do grupo com as menores razões, resultando em um padrão côncavo dos ETRP (Figura 11A). As variedades de ETR do Leucogranito Velha Canadá mostram similaridades ainda com os granitos Cruzadão (Figuras 11C e 11D), Serra Dourada (Figura 11E) e Bom Jesus (Figura 11F) e divergem dos padrões ETR do Granito Canaã dos Carajás (Figura 11G), os quais se assemelham aos padrões observados no Leucogranodiorito Nova Canadá.

COMPARAÇÕES COM GRANITOIDES DA PROVÍNCIA CARAJÁS E OUTROS CRÁTONS ARQUEANOS

Os dados petrográficos (Figura 3) sugerem similaridades entre Leucogranodiorito Nova Canadá e Leucogranito Velha Canadá e os leucogranitos de alto Ba-Sr e potássicos descritos por Almeida et al. (2010, 2013), nessa ordem, pois

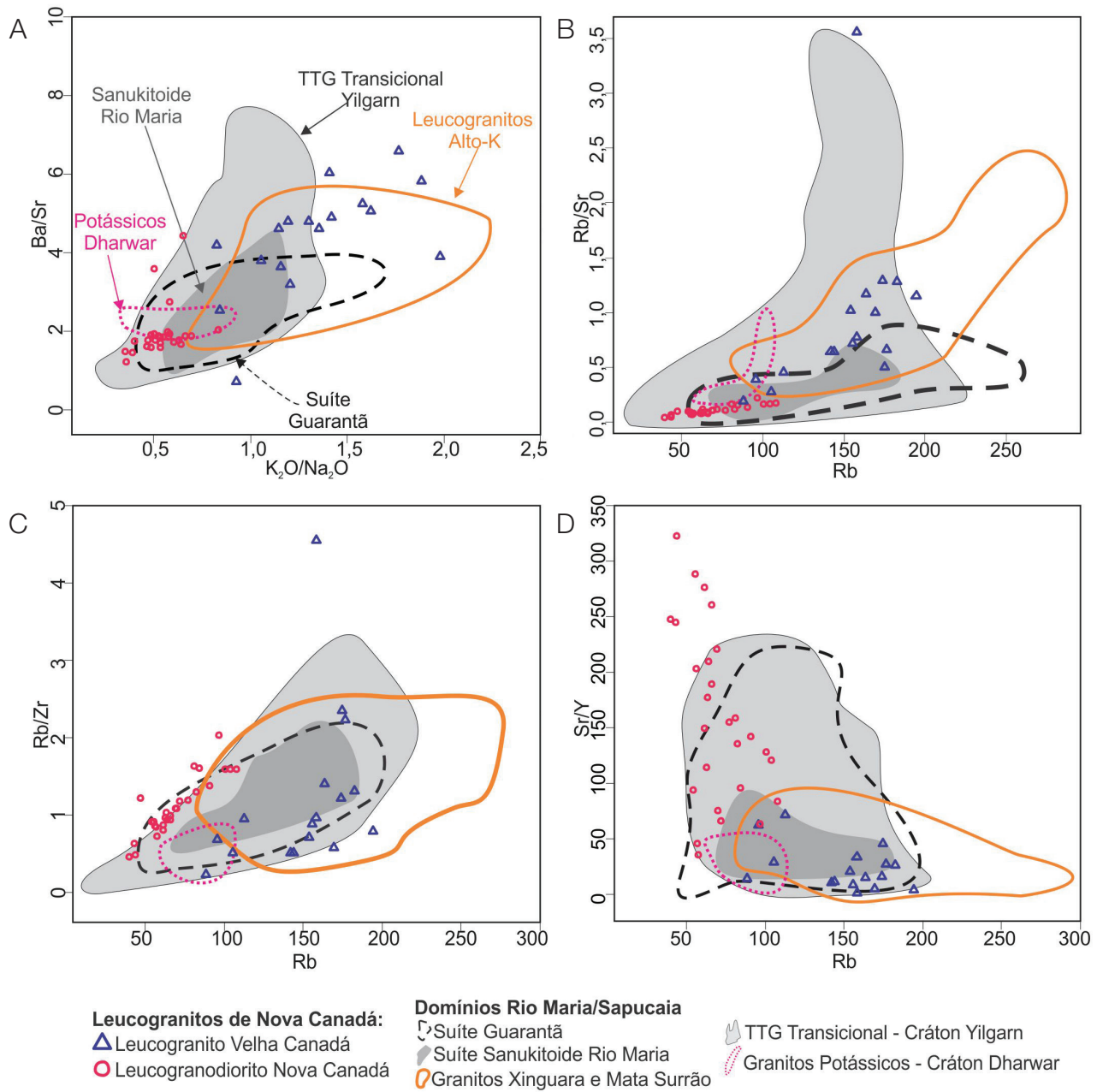


Figura 9. Diagramas binários para as rochas leucograníticas da área de Nova Canadá com alguns elementos-traço e razões entre eles. Legenda como na Figura 5.

estes mostram composições que variam de granodioritos a monzogranitos frequentemente hololeucocráticos. Nesse sentido, são bastante distintos dos granodioritos de afinidade sanukitoide de Rio Maria (Oliveira et al., 2009), os quais

exibem conteúdos de minerais máficos quase sempre superiores a 10%, das associações TTG desse domínio, essencialmente tonalitos/trondhjemitos (Almeida et al., 2011), e dos granitos cálcio-alcálicos da área de Canaã dos Carajás,

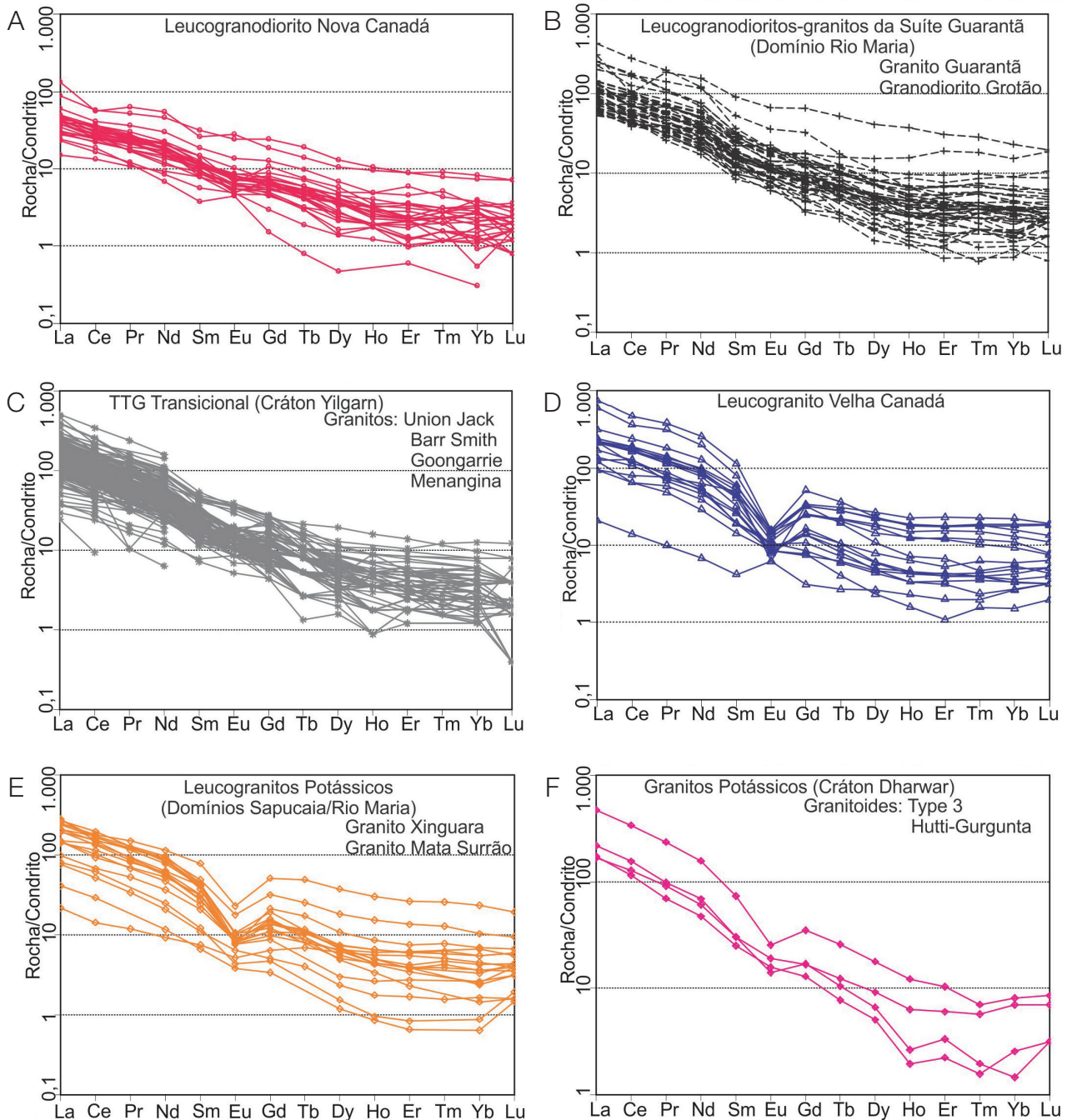


Figura 10. Padrões de ETR dos leucogranitos da área de Nova Canadá com valores normalizados pelo condrito de Evensen et al. (1978): (A) Leucogranodiorito Nova Canadá; (D) Leucogranito Velha Canadá. Para comparações, são utilizados na Figura 10B granitos da Suíte Guarantã (Almeida et al., 2010), na Figura 10C TTG transitacionais do Cráton Yilgarn (Champion e Smithies, 2001), na Figura E Leucogranitos potássicos da Província Carajás (Almeida et al., 2013), e na Figura F granitos alto-K do Cráton Dharwar (Jayananda et al., 2006; Prabhakar et al., 2009).

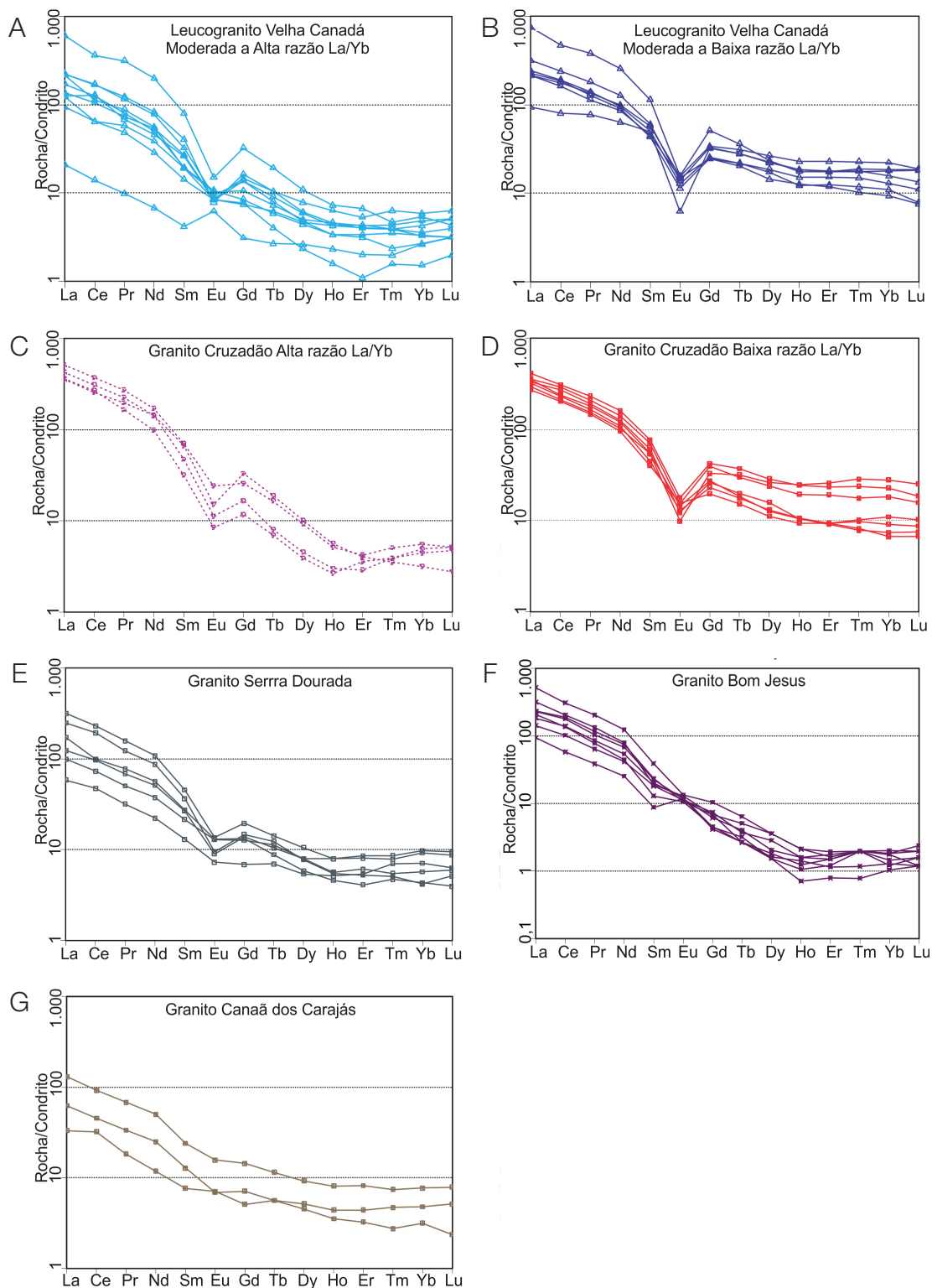


Figura 11. Padrões de ETR dos leucogranitos da área de Nova Canadá com valores normalizados pelo condrito de Evensen et al. (1978): (A) e (B) variações nos padrões ETR das rochas do Leucogranito Velha Canadá; (C) e (D) variedades de alta e baixa razões La/Yb_N , nessa ordem, observadas no Granito Cruzadão; (E), (F) e (G) padrões ETR dos demais granitos cálcio-alcálicos da área de Canaã dos Carajás (granitos Serra Dourada, Bom Jesus e Canaã dos Carajás; Feio e Dall'Agnol, 2012).

os quais são caracterizados por rochas mais evoluídas que variam de monzogranitos a sienogranitos.

Nota-se que as rochas estudadas mostram comportamento análogo à série cálcio-alcálica granodiorítica de Lameyre e Bowden (1982) e Bowden et al. (1984), conforme Figura 3. Os contrastes geoquímicos apontam para a existência de duas unidades leucograníticas distintas que divergem sobretudo no que diz respeito aos seus conteúdos de SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , Rb, HFSE (Zr, Y e Nb), das razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, $\text{FeOt}/(\text{FeOt}+\text{MgO})$, Ba/Sr e Rb/Sr, e padrões ETR (ΣETR ; razões Eu/Eu^* e La/Yb), sendo mais elevados nas rochas do Leucogranito Velha Canadá em relação àquelas do Leucogranodiorito Nova Canadá, que por sua vez é mais enriquecido em Al_2O_3 , CaO, Na_2O , Ba, Sr e na razão Sr/Y, além de mostrar menor fracionamento de ETR (baixas razões La/Yb) e anomalias negativas de Eu ausentes ou discretas.

Com base nessas informações e com o intuito de definir um quadro geológico mais preciso para a região estudada, foram realizadas comparações geoquímicas entre os granitoides examinados e suas unidades mais afins, como as rochas de alto Ba-Sr da Suíte Guarantã (Almeida et al., 2010, 2013) e da Suíte Sanukitoide Rio Maria (Oliveira et al., 2009) e os leucogranitos Mata Surrão do Domínio Rio Maria (Almeida et al., 2013) e Xinguara do Domínio Sapucaia (Almeida et al., 2013), ambos de afinidade alto-K. Granitoides análogos de outros crátons também foram selecionados para comparação, como aqueles do oeste da Austrália (Cráton Yilgarn) e sul da Índia (Cráton Dharwar). As comparações com os granitos cálcio-alcálicos da área de Canaã dos Carajás (Feio e Dall'Agnol, 2012; Feio et al., 2013) foram restritas, em virtude das diferenças composicionais observadas.

As semelhanças entre o Leucogranodiorito Nova Canadá e os leucogranodioritos-granitos da Suíte Guarantã dão-se principalmente no que diz respeito aos aspectos texturais, com a presença marcante de fenocristais de K-feldspato e os altos conteúdos de Ca (Figura 5E), Sr e Ba (Figuras 8A e 8B). Nota-se ainda que os teores de Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO, #Mg e Zr das amostras mais empobrecidas em sílica do Leucogranodiorito Nova Canadá tendem a se superpor àquelas das rochas mais evoluídas da Suíte Sanukitoide Rio Maria. O comportamento geoquímico do Leucogranodiorito Nova Canadá também o aproxima dos TTG transicionais do Cráton Yilgarn (Champion e Smithies, 2001), sobretudo pelos seus altos conteúdos de CaO e Al_2O_3 e baixos de HFSE, além das baixas razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, Ba/Sr e Rb/Sr (Figuras 9A e 9B) e altas razões Sr/Y (Figura 9D). Adicionalmente, os padrões de ETR pouco fracionados, com ausência de anomalias negativas de Eu e baixas razões $(\text{La}/\text{Yb})_N$, ratificam as similaridades com os granitos de afinidade cálcio-alcálica da Suíte Guarantã e TTG transicional (Figuras 10B e 10C, respectivamente), além do Granito Canaã dos Carajás (Figura 11G), que tem caráter mais sódico comparado aos demais granitos cálcio-alcálicos pesquisados na região de Canaã dos Carajás (Feio e Dall'Agnol, 2012).

O padrão geoquímico das amostras do Leucogranito Velha Canadá é claramente distinto daquele fornecido pelos granitoides de alto Ba-Sr já discutidos. Seus conteúdos moderados a altos de Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , Rb e HFSE e baixos de Al_2O_3 , CaO, Na_2O , Ba e Sr mostram que o Leucogranito Velha Canadá possui fortes afinidades com os típicos granitos cálcio-alcálicos de alto-K presentes em vários crátons. Comparativamente, essas rochas assemelham-se aos leucogranitos potássicos Xinguara e Mata Surrão (Almeida et al., 2013) e aos granitos Cruzadão, Serra Dourada e Bom Jesus, que ocorrem na região da Canaã dos Carajás (Feio e Dall'Agnol, 2012; Feio et al., 2013). Por outro lado, quando comparado aos granitos de alto-K do Cráton Dhawar (Jayananda et al., 2006; Prabhakar et al., 2009), essa afinidade não é tão clara; as principais similaridades entre essas rochas ocorrem em função dos comportamentos de Al_2O_3 , TiO_2 , Na_2O , Sr, HFSE (Zr, Y e Nb) e padrões de ETR. Nesse sentido, as rochas do Leucogranito Velha Canadá apresentam aspecto mais evoluído, que é evidenciado pelos seus conteúdos de K_2O mais elevados. A forte coincidência nos padrões de ETR do Leucogranito Velha Canadá com os granitos Xinguara, Mata Surrão (Figura 10E) e Cruzadão (Figuras 11C e 11D) corrobora a afinidade geoquímica desses granitos. Assim como os granitos do Cráton Dhawar (Figura 10F), os granitos Serra Dourada e Bom Jesus (Figuras 11E e 11F, respectivamente) exibem padrão de distribuição de ETR semelhante ao do grupo com moderadas a altas razões $(\text{La}/\text{Yb})_N$ do Leucogranito Velha Canadá (Figura 11A), no qual se observam o maior fracionamento de ETRP em relação aos ETRL e anomalias negativas de Eu moderadas a fracas.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A ORIGEM DOS LEUCOGRANITOS ARQUEANOS DA ÁREA DE NOVA CANADÁ

Os diferentes padrões geoquímicos observados nos leucogranitos individualizados na área deste estudo sugerem a atuação de fontes e processos de formação distintos para essas rochas. As fortes similaridades com aqueles granitos discutidos por Almeida et al. (2010, 2013) permitem-nos fazer algumas analogias sobre a sua origem.

Os granitos de alto Ba-Sr apresentam características híbridas entre granitos crustais (LILE, K, Rb) e aqueles de filiação mantélica (Ca, Al_2O_3 , Sr, Ba, MgO) e, por essa razão, não podem ter sua origem explicada por um único e simples processo evolutivo. Almeida et al. (2010) atribuem um modelo composto para a geração dos granitos da Suíte Guarantã:

- (i) cristalização fracionada por meio de líquido sanukitoide com fracionamento de hornblenda, plagioclásio, clinopiroxênio e minerais óxidos de Fe e Ti, gerando monzogranitos enriquecidos em Ba e Sr;
- (ii) processos de mistura entre esses líquidos graníticos com afinidade sanukitoide e magmas trondhjemiticos.

Contudo admitem-se ressalvas, uma vez que o magma sanukitoide em Rio Maria tem composição essencialmente granodiorítica e se superpõe composicionalmente aos granitos de alto Ba e Sr, o que fragiliza a aplicação do modelo de cristalização fracionada, já que é comum nesses casos os líquidos residuais se enriquecerem em Si e K, dando origem a rochas mais evoluídas.

O quadro geológico da região de Nova Canadá (Figura 1C) é marcado pela ocorrência de granodioritos de afinidade sanukitoide, além de biotita trondhjemitos (Leite-Santos e Oliveira, 2014) e uma quantidade expressiva de granodioritos com alto Ba-Sr, similarmente ao que é descrito para a região de Rio Maria (Almeida et al., 2010). Isso, aliado ao fato de que as amostras do Leucogranodiorito Nova Canadá mostram *trends* evolutivos colineares com aquelas da Suíte Sanukitoide de Rio Maria na maioria dos diagramas geoquímicos, também pode sugerir para tais leucogranodioritos uma origem baseada na cristalização fracionada de um magma de alto-Mg. Por outro lado, os altos conteúdos de Sr e Al_2O_3 do Leucogranodiorito Nova Canadá em relação ao Sanukitoide Rio Maria, mostrando *trends* não colineares e paralelos entre essas unidades, apontam a participação de um magma de afinidade TTG na geração dessas rochas. A hipótese de origem do magma formador do Leucogranodiorito Nova Canadá por fusão parcial de fonte TTG pode ser descartada ou minimizada pela ausência de anomalia negativa de Eu nesses granodioritos, o que implicaria menor retenção de plagioclásio no resíduo, ao contrário do que é observado para a geração dos leucogranitos potássicos (Sylvester, 1994; Leite et al., 2004; Almeida et al., 2013).

O Leucogranito Velha Canadá tem características de rochas com alto-K e provável origem crustal. Diversos estudos experimentais sob condições anidras têm demonstrado que líquidos graníticos podem ser gerados pela fusão parcial de metatonalitos (Rutter e Wyllie, 1988; Skjerlie e Johnston, 1992; Singh e Johannes, 1996; Gardien et al., 1995, 2000; Patiño Douce, 2005). Adicionalmente, Leite et al. (2004) admitem que a origem das rochas graníticas de alto-K do Granito Xinguara seja produto da fusão de associações TTG de Rio Maria, onde a hornblenda seria uma importante fase do resíduo. Nesse sentido, tal hipótese pode ser sugerida para explicar a formação das rochas com alta razão La/Yb do Leucogranito Velha Canadá, que são caracterizadas por padrões mais empobrecidos em ETR, com discreta ou moderada anomalia negativa de Eu, e mostram um padrão côncavo dos ETRP. Para esse padrão, fonte tipo TTG cujo resíduo seja mais enriquecido em anfibólio em relação à biotita é admitida. Já para o grupo de baixa razão La/Yb, caracterizado por rochas mais enriquecidas em ETR e que apresentam anomalias de Eu fortemente negativas, sugere-se que tenham sido formadas sob baixas pressões, provavelmente no campo de estabilidade do plagioclásio,

cujas concentrações de biotita no resíduo é maior em relação ao anfibólio, já que o padrão de ETR pesados não sugere o fracionamento deste último.

No diagrama de Shand (1950), conforme Figura 7C, as rochas dos leucogranitos da área de Nova Canadá são levemente peraluminosas, com razões A/CNK variando entre 1,01 e 1,08 (Tabelas 3 e 4). A ausência de minerais fortemente aluminosos, como granada e/ou cordierita, e o baixo conteúdo de muscovita supõem que essas rochas não possuem afinidades com aquelas dos granitos tipo-S ou fortemente peraluminosos (Chappell e White, 1974; Miller, 1985; Sylvester, 1994). Nessa perspectiva, Chappell et al. (2012) mostram que muitos granitos tipo-I podem ser levemente peraluminosos, apesar de possuírem fontes tipicamente metaluminosas. Esse fato estaria associado às condições de pressão e temperatura atuantes durante o processo de fusão da fonte, que ocorreria por desidratação em pressões abaixo do campo de estabilidade da granada, em que biotita e anfibólio fundiriam incongruentemente, gerando piroxênio e um líquido félsico peraluminoso. Em temperaturas mais elevadas, Ca e outros componentes do clinopiroxênio seriam adicionados ao líquido, que eventualmente se tornaria metaluminoso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas observações de campo e nos dados petrográficos e geoquímicos gerados e discutidos neste trabalho, foi possível estabelecer um novo quadro geológico para a área de Nova Canadá (Figura 1C). Conforme o que era considerado como domínio de ocorrência dos gnaisses e migmatitos do Complexo Xingu, foram identificadas ocorrências expressivas de associações leucograníticas e lentes de biotita trondhjemitos, interpretadas aqui como restos de uma crosta TTG retrabalhada. Os leucogranitos identificados apresentam variações texturais e composicionais que levaram à distinção entre os granitos das porções centro-sul (Leucogranodiorito Nova Canadá) e norte da área (Leucogranito Velha Canadá). As rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá são mais expressivas, formadas por leucogranodioritos de textura seriada, com moderado grau de recristalização, enquanto aquelas do Leucogranito Velha Canadá são caracterizadas por granodioritos e monzogranitos ricos em quartzo modal, de textura equigranular média e fortemente recristalizados durante o desenvolvimento de zona de cisalhamento.

O comportamento geoquímico divergente observado para esses dois grupos de leucogranitos mostra que, enquanto as rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá são mais enriquecidas em Al_2O_3 , CaO, Na_2O , Ba, Sr e na razão Sr/Y, aquelas do Leucogranito Velha Canadá possuem conteúdos mais elevados de SiO_2 , Fe_2O_{3t} , TiO_2 , K_2O , Rb, HFSE (Zr, Y e Nb) e das razões K_2O/Na_2O , $FeOt/(FeOt+MgO)$, Ba/Sr e Rb/Sr.

Os baixos conteúdos de minerais acessórios, como allanita e zircão, refletem diretamente no comportamento dos elementos-traço nas rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá.

Os padrões de ETR do Leucogranito Velha Canadá indicam fases minerais com alta afinidade por ETRP no resíduo da fusão (anfíbólio), além de supor que o plagioclásio foi uma importante fase fracionante durante a evolução magmática dessas rochas, dada a intensidade das anomalias negativas de Eu. Nas rochas com maior razão $(La/Yb)_N$ e anomalias negativas de Eu mais discretas, a participação do plagioclásio entre as fases fracionantes foi restrita. Os diferentes padrões de ETR encontrados nessas rochas podem sugerir que elas foram originadas por intermédio de variados graus de fusão de uma mesma fonte crustal, ou que seus líquidos foram gerados em diferentes níveis crustais. Por sua vez, o discreto fracionamento de ETRP e a falta de anomalia negativa de Eu identificados nas rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá indicam ausência de anfíbólio no resíduo e a mínima participação do plagioclásio como fase fracionante para a sua geração. Vários autores atribuem a presença ou ausência desses minerais no resíduo a diferentes condições de pressão atuantes durante a fusão de protólitos crustais (Rapp et al., 1991; Rapp e Watson, 1995; Almeida et al., 2010; Chappell et al., 2012).

As diferenças nas razões Sr/Y entre essas duas variedades também podem refletir variações na profundidade de fusão para a geração de ambos (Drummond e Defant, 1990) ou na composição da fonte (Moyen, 2009). As altas razões Sr/Y observadas nas rochas do Leucogranodiorito Nova Canadá sugerem origem em condições de pressão mais elevadas que as rochas do Leucogranito Velha Canadá, que, por sua vez, apresentam baixa razão Sr/Y.

Os padrões geoquímicos distinguidos para as rochas leucograníticas da área de Nova Canadá assemelham-se, sob diversos aspectos, com os diferentes corpos de leucogranitos arqueanos da Província Carajás e de outros crátons. O Leucogranito Velha Canadá mostra forte afinidade com os leucogranitos potássicos Xinguara, Mata Surrão, Cruzadão, Bom Jesus e Serra Dourada, além dos granitos potássicos do Cráton Dharwar. Já o Leucogranodiorito Nova Canadá se mostra afim dos leucogranodioritos-granitos de alto Ba e Sr da Suíte Guarantã de Rio Maria, assim como dos TTG transicionais do Cráton Yilgarn e, em menor grau, com as rochas do Granito Canaã dos Carajás. A assinatura geoquímica das rochas do Leucogranito Velha Canadá (alto Y, TiO_2 , FeO_1 , Zr e ETR) aproxima-as do subgrupo CA1 de granitos cálcio-alcálicos de Sylvester (1994).

Dados geocronológicos preliminares apontam idade de cristalização mesoarqueana para o Leucogranodiorito Nova Canadá (2895 ± 2 ; Pb-Pb em zircão; Oliveira et al., 2010) e neoarqueana para as rochas do Leucogranito Velha Canadá (2747 ± 2 Ma; Pb-Pb em zircão; Santos et al., 2010). O primeiro estaria relacionado ao mesmo evento magmático que

atuou no Domínio Rio Maria, o que poderia sugerir que a área de Nova Canadá representa uma extensão desse domínio para norte. Apesar de o Leucogranito Velha Canadá apresentar afinidades geoquímicas com os demais granitos potássicos mesoarqueanos da Província Carajás, sua idade de formação indica origem relacionada ao mesmo evento tectonomagmático responsável pela inversão da Bacia Carajás e à colocação dos granitos subalcalinos durante a instalação do Cinturão de Cisalhamento Itacaiunas.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (GPPG-IG-UFGPA), o apoio nas diversas etapas deste trabalho; aos dois revisores anônimos, as importantes sugestões e críticas; ao IG e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da UFGPA, o suporte técnico; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), a concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a concessão de bolsas de produtividade em pesquisa (D. C. Oliveira: processos n. 502.074/2009-4 e 311.610/2012-9); e à Faculdade de Geologia do *Campus* de Marabá, o apoio às atividades de campo. Este trabalho é uma contribuição para o convênio Vale/Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará (Fapespa), edital 01/2010, Instrumento de Concessão e Aceitação de Apoio Financeiro (Icaaf) n. 053/2011, e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) de Geociências da Amazônia (Geociam-CNPq/Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCT/Fapespa – processo n. 573.733/2008-2).

REFERÊNCIAS

- Almeida, F. F. M., Hasui, Y., Brito Neves, B. B., Fuck, R. A. (1981). Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, 17(1-2), 1-29.
- Almeida, J. A. C., Dall'Agnol, R., Dias, S. B., Althoff, F. J. (2010). Origin of the Archean leucogranodiorite-granite suites: evidence from the Rio Maria terrane and implications for granite magmatism in the Archean. *Lithos*, 120(3-4), 235-257.
- Almeida, J. A. C., Dall'Agnol, R., Leite, A. A. S. (2013). Geochemistry and zircon geochronology of the Archean granite suites of the Rio Maria granite-greenstone terrane, Carajás Province, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 42, 103-126.

- Almeida, J. A. C., Dall'Agnol R., Oliveira, M. A., Macambira, M. B., Pimentel, M. M., Rämö, O. T., Guimarães, F. V., Leite, A. A. S. (2011). Zircon geochronology and origin of the TTG suites of the Rio Maria granite-greenstone terrane: implications for the growth of the Archean crust of the Carajás Province, Brazil. *Precambrian Research*, 187(1-2), 201-221.
- Almeida, J. A. C., Oliveira, M. A., Dall'Agnol, R., Althoff, F. J., Borges, R. M. K. (2008). *Relatório de mapeamento geológico na escala 1:100.000 da Folha Marajoara (SB-22-ZC V)*. Programa Geobrasil, CPRM – Serviço Geológico do Brasil.
- Althoff, F. J., Barbey, P., Boullier, A. M. (2000). 2.8–3.0 Ga plutonism and deformation in the SE Amazonian craton: the Archean granitoids of Marajoara (Carajás Mineral Province, Brazil). *Precambrian Research*, 104(3-4), 187-206.
- Araújo, O. J. B., Maia, R. G. N., Jorge João, X. S., Costa, J. B. S. (1988). A megaestrutura arqueana da Folha Serra dos Carajás. *Anais do Congresso Latino-Americano de Geologia*, 7, 324-338.
- Avelar, V. G., Lafon, J. M., Correia Júnior, F. C., Macambira, E. M. B. (1999). O magmatismo arqueano da região de Tucumã – Província Mineral de Carajás: novos resultados geocronológicos. *Revista Brasileira de Geociências*, 29(4), 453-460.
- Barker, F. (1979). Trondhjemite: definition, environment and hypotheses of origin. In: Barker, F. (Ed.), *Trondhjemites, dacites and related rocks*. Developments in Petrology, 6, 1-12.
- Barker, F., Arth, J. G. (1976). Generation of trondhjemitic-tonalitic liquids and Archean bimodal trondhjemite-basalt suites. *Geology*, 4(10), 596-600.
- Bowden, P., Batchelor, R. A., Chappell, B. W., Didier, J., Lameyre, J. (1984). Petrological, geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks: a discussion. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 35(1-3), 1-11.
- Cassidy, K. F., Barley, M. E., Groves, D. I., Perring, C. S., Hallberg, J. A. (1991). An overview of the nature, distribution and inferred tectonic setting of granitoids of the late-Archean Norseman-Wiluna Belt. *Precambrian Research*, 51(1-4), 51-83.
- Champion, D. C., Sheraton, J. W. (1997). Geochemistry and Nd isotope systematics of Archean granites of the Eastern Goldfields, Yilgarn Craton, Australia: implications for crustal growth processes. *Precambrian Research*, 83(1-3), 109-132.
- Champion, D. C., Smithies, R. H. (1999). Archean granites of the Yilgarn and Pilbara Cratons, Western Australia: secular changes. In: Barbarin, B. (Ed.), *The origin of granites and related rocks*. Clermont-Ferrand: Fourth Hutton Symposium.
- Champion, D. C., Smithies, R. H. (2001). Archean granites of the Yilgarn and Pilbara cratons, Western Australia. In: Cassidy, K. F., Dunphy, J. M., Van Kranendonk, M. J. (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Archean Symposium*, 134-136. Record 2001/37. Perth: AGSO-Geoscience.
- Champion, D. C., Smithies, R. H. (2003). Archean granites. In: Blevin, P. L., Chappell, B. W., Jones, M. (Eds.), *Magma to mineralisation: the Ishihara Symposium*, 19-24. Record 2003/14. Perth: AGSO-Geoscience.
- Champion, D. C., Smithies, R. H. (2007). Geochemistry of Paleoproterozoic granites of the East Pilbara Terrane, Pilbara Craton, Western Australia: implications for early Archean crustal growth. In: Van Kranendonk, M. J., Smithies, R. H., Bennett, V. C. (Eds.), *Developments in Precambrian Geology*, 15, 369-410.
- Chappell, B. W., Bryant, C. J., Wyborn, D. (2012). Peraluminous I-type granites. *Lithos*, 153, 142-153.
- Chappell, B. W., White, A. J. R. (1974). Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8, 173-174.
- Condie, K. C. (1993). Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology*, 104(1-4), 1-37.
- Costa, J. B. S., Araújo, J. B., Santos, A., Jorge João, X. S., Macambira, M. J. B., Lafon, J. M. (1995). A Província mineral de Carajás: aspectos tectono-estruturais, estratigráficos e geocronológicos. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra*, 7(20), 199-235.
- Costa, J. B. S., Araújo, O. J. B., Jorge João, X. S., Maia, R., Macambira, E. M. B., Vale, A. G., Santos, A., Pena Filho, J. I. C., Neves, A. P. (1994). Panorama tectono-estrutural da região sudeste do Estado do Pará. *Resumos do IV Simpósio de Geologia da Amazônia*, 4, 314-317. Belém: SBG.
- Dall'Agnol, R., Oliveira, D. C. (2007). Oxidized, magnetite-series, rapakivi-type granites of Carajás, Brazil: implications for classification and petrogenesis of A-type granites. *Lithos*, 93(3-4), 215-233.

- Dall'Agnol, R., Oliveira, D. C., Guimarães, F. V., Gabriel, E. O., Feio, G. R. L., Lamarão, C. N., Althoff, F. J., Santos, P. A., Teixeira, M. F. B., Silva, A. C., Rodrigues, D. S., Santos, M. J. P., Silva, C. R. P., Santos, R. D., Santos, P. J. L. (2013). Geologia do subdomínio de transição do domínio Carajás: implicações para a evolução arqueana da Província Carajás – Pará. *Anais do Simpósio de Geologia da Amazônia*, 13. Belém: SBG. CD-ROM.
- Dall'Agnol, R., Oliveira, M. A., Almeida, J. A. C., Althoff, F. J., Leite, A. A. S., Oliveira, D. C., Barros, C. E. M. (2006). Archean and Paleoproterozoic granitoids of the Carajás metallogenic Province, Eastern Amazonian craton. *Symposium on magmatism, crustal evolution, and metallogenesis of the Amazonian Craton*. Belém: Pronex-UFPA/SBG-NO.
- Dall'Agnol, R., Teixeira, N. P., Rämö, O. T., Moura, C. A. V., Macambira, M. J. B., Oliveira, D. C. (2005). Petrogenesis of the Paleoproterozoic rapakivi A-type granites of the Archean Carajás metallogenic Province, Brazil. *Lithos*, 80(1-4), 101-129.
- Davis, W. J., Fryer, B. J., King, J. E. (1994). Geochemistry and evolution of late Archean plutonism and its significance to the tectonic development of the Slave Craton. *Precambrian Research*, 67(3-4), 207-241.
- Debon, F., Le Fort, P. (1983). A chemical–mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 73(3), 135-149.
- Dias, S. B. (2009). *Caracterização geológica, petrográfica e geoquímica de granitos arqueanos da Folha Marajoara, terreno granito–greenstone de Rio Maria, sudeste do Pará*. Dissertação (Mestrado). Belém: Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências – UFPA.
- Drummond, M. S., Defant, M. J. (1990). A model for trondhjemite–tonalite–dacite genesis and crustal growth via slab melting: Archean to modern comparisons. *Journal of Geophysical Research*, 95(B13), 21.503-21.521.
- Drüppel, K., McCready, A. J., Stumplf, E. F. (2009). High-K granites of the Rum Jungle Complex, N-Australia: insights into the late Archean crustal evolution of North Australian Craton. *Lithos*, 111(3-4), 203-219.
- Eby, G. N. (1992). Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenesis and tectonic implications. *Geology*, 20(7), 641-644.
- Evensen, N. M., Hamilton, P. J., O'Nions, R. K. (1978). Rare-earth abundances in chondritic meteorites. *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 42(8), 1.199-1.212.
- Feio, G. R. L., Dall'Agnol, R. (2012). Geochemistry and petrogenesis of the Mesoarchean granites from the Canaã dos Carajás area, Carajás Province, Brazil: implications for the origin of Archean granites. *Lithos*, 154, 33-52.
- Feio, G. R. L., Dall'Agnol, R., Dantas, E. L., Macambira, M. J. B., Gomes, A. C. B., Sardinha, A. S., Oliveira, D. C., Santos, R. D., Santos, P. A. (2012). Geochemistry, geochronology, and origin of the Neoproterozoic Planalto Granite suite, Carajás, Amazonian Craton: A-type or hydrated charnockitic granites? *Lithos*, 151, 57-73.
- Feio, G. R. L., Dall'Agnol, R., Dantas, E. L., Macambira, M. J. B., Santos, J. O. S., Althoff, F. J., Soares, J. E. B. (2013). Archean granitoid magmatism in the Canaã dos Carajás area: implication for crustal evolution of the Carajás Province, Amazonian Craton, Brazil. *Precambrian Research*, 227, 157-185.
- 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(11), 2.033-2.048.
- Frost, C. D., Frost, B. R., Chamberlain, K. R., Hulsebosch, T. P. (1998). The late Archean history of the Wyoming Province as recorded by granitic magmatism in the Wind River Range, Wyoming. *Precambrian Research*, 89(3-4), 145-173.
- Frost, C. D., Frost, B. R., Kirkwood, R., Chamberlain, K. R. (2006). The tonalite–trondhjemite–granodiorite (TTG) to granodiorite–granite (GG) transition in the late Archean plutonic rocks of the central Wyoming Province. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 43, 1.419-1.444.
- Gabriel, E. O., Oliveira, D. C. (2014). Geologia, petrografia e geoquímica dos granitoides arqueanos de alto magnésio da região de Água Azul do Norte, porção sul do Domínio Carajás, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, 9(3), 533-564.
- Gabriel, E. O., Oliveira, D. C., Galarza, M. A. (2010). Geologia, petrografia e geocronologia de granitoides do Complexo Xingu da região nordeste de Água Azul do Norte-PA, Província mineral de Carajás. *Congresso Brasileiro de Geologia*, 45. CD-ROM.
- Gardien, V., Thompson, A. B., Grujic, D., Ulmer, P. (1995). Experimental melting of biotite + plagioclase + quartz ± muscovite assemblages and implications for crustal melting. *Journal of Geophysical Research – Solid Earth*, 100(B8), 15.581-15.591.
- Gardien, V., Thompson, A. B., Ulmer, P. (2000). Melting of biotite + plagioclase + quartz gneisses: the role of H₂O in the stability of amphibole. *Journal of Petrology*, 41(5), 651-666.

- Gomes, A. C. B. (2003). *Geologia, petrografia e geoquímica dos granitoides de Canaã dos Carajás, SE do estado do Pará*. Dissertação (Mestrado). Belém: Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências – UFPA.
- Goodwin, A. M. (1991). *Precambrian geology: the dynamic evolution of the continental crust*. Londres: Academic Press.
- Hanson, G. N. (1989). An approach to trace element modeling using a simple igneous system as an example. *Mineralogical Society of America*, 5, 79-97.
- Hirata, W. K., Rigon J. C., Kadekaru, K., Cordeiro, A. A. C., Meireles, E. M. (1982). Geologia regional da Província mineral de Carajás. *Anais do Simpósio de Geologia da Amazônia*, 1, 100-110. Belém: SBG.
- Huhn, S. B., Macambira, M. J. B., Dall’Agnol, R. (1999). Geologia e geocronologia Pb/Pb do granito alcalino arqueano Planalto, região da Serra do Rabo, Carajás – PA. *Anais do Simpósio de Geologia da Amazônia*, 6(1), 463-466. Manaus: SBG.
- Irvine, T. N., Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of the Earth Sciences*, 8(5), 523-547.
- Jahn, B. M., Auvray, B., Shen, H. Q., Liu, D. Y., Zhang, Z. Q., Dong, Y. J., Ye, X. J., Zhang, Q. Z., Cornichet, J., Macé, J. (1988). Archean crustal evolution in China: the Taishan complex, and evidence for juvenile crustal addition from long-term depleted mantle. *Precambrian Research*, 38(4), 381-403.
- Jayananda, M., Chardon, D., Peucat, J.-J., Capdevila, R. (2006). 2.61 Ga potassic granites and crustal reworking in the Western Dharwar craton, Southern India: tectonic, geochronologic and geochemical constraints. *Precambrian Research*, 150(1-2), 1-26.
- Lafon, J. M., Rodrigues E., Duarte K. D. (1994). Le granite Mata Surrão: un magmatisme monzogranitique contemporain des associations tonalitiques-trondhjémiques-granodioritiques archéennes de la région de Rio Maria (Amazonie Orientale, Brésil). *Comptes Rendues de la Academie de Sciences de Paris*, 318(5), 643-648. Série 2. Sciences de la terre et des planètes.
- Lameyre J., Bowden P. (1982). Plutonic rock type series: discrimination of various granitoid series and related rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 14(1-2), 169-186.
- Le Maitre, R. W. (2002). *Igneous rocks: a classification and glossary of terms*. 2nd edition. Londres: Cambridge University Press.
- Leite, A. A. S. (2001). *Geoquímica, petrogênese e evolução estrutural dos granitoides arqueanos da região de Xinguara, SE do Cráton Amazônico*. Tese (Doutorado). Belém: Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências – UFPA.
- Leite, A. A. S., Dall’Agnol, R., Macambira, M. J. B., Althoff, F. J. (2004). Geologia e geocronologia dos granitoides arqueanos da região de Xinguara-PA e suas implicações na evolução do Terreno granito-greenstone de Rio Maria, Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(4), 447-458.
- Leite-Santos, P. J., Oliveira, D. C. (2014). Trondhjemitos da área de Nova Canadá: novas ocorrências de associações magmáticas tipo TTG no Domínio Carajás. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, 9(3), 635-659.
- Macambira, M. J. B., Lafon, J. M. (1995). Geocronologia da síntese dos dados e novos desafios. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, 7, 263-288.
- Martin, H. (1994). The Archean grey gneisses and the gneisses of continental crust. In: K. C. Condie (Ed.), *Developments in Precambrian geology II. Archean crustal evolution*, 205-259.
- Medeiros, H., Dall’Agnol, R. (1988). Petrologia da porção leste do batólito granodiorítico Rio Maria, sudeste do Pará. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, 35(3), 1.488-1.499. Belém: SBG.
- Miller, C. F. (1985). Are strongly peraluminous magmas derived from mature sedimentary (pelitic) sources? *Journal of Geology*, 93(6), 673-689.
- Moreto, C. P. N., Monteiro, L. V. S., Xavier, R. P., Amaral, W. S., Santos, T. J. S., Juliani, C., Souza Filho, C. R. (2011). Mesoarchean (3.0 and 2.86 Ga) host rocks of the iron oxide–Cu–Au Bacaba deposit, Carajás Mineral Province: U–Pb geochronology and metallogenetic implications. *Mineralium Deposita*, 46(7), 789-811.
- Moyen, J. F. (2009). High Sr/Y and La/Yb ratios: the meaning of the “adakitic signature”. *Lithos*, 112(3-4), 556-574.
- Moyen, J. F., Martin, H., Jayananda, M., Auvray, B. (2003). Late Archean granites: a typology based on the Dharwar Craton (India). *Precambrian Research*, 127, 103-123.

- O'Connor, J. T. (1965). A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. *US Geological Survey Professional Papers*, 525B, 79–84.
- Oliveira, D. C., Gabriel, E. O., Santos, P. J. L., Silva, C. R. P., Rodrigues, D. S., Santos, R. D., Galarza, M. A., Marangoanha, B., Santos, M. S., Souza, D. B. (2014). Geologia da região de Água Azul do Norte (PA): implicações para a compartimentação tectônica do Domínio Carajás. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, 47. Salvador: SBG. CD-ROM.
- Oliveira, D. C., Santos, P. J. L., Gabriel, E. O., Rodrigues, D. S., Faresin, A. C., Silva, M. L. T., Sousa, S. D., Santos, R. V., Silva, A. C., Souza, M. C., Santos, R. D., Macambira, M. J. B. (2010). Aspectos geológicos e geocronológicos das rochas magmáticas e metamórficas da região entre os municípios de Água Azul do Norte e Canaã dos Carajás – Província Mineral de Carajás. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, 45. Salvador: SBG. CD-ROM.
- Oliveira, M. A., Dall'Agnol, R., Althoff, F. J., Leite, A. A. S. (2009). Mesoarchean sanukitoid rocks of the Rio Maria Granite–Greenstone Terrane, Amazonian craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 27(2-3), 146-160.
- Opiyo-Akech, N., Tarney, J., Hoshino, M. (1999). Petrology and geochemistry of granites from the Archaean terrain north of Lake Victoria, Western Kenya. *Journal of African Earth Sciences*, 29(2), 263-300.
- Patiño Douce, A. E. (2005). Vapor-absent melting of tonalite at 15-32 kbar. *Journal of Petrology*, 46(2), 275-290.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W., Tindle, A. G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25(4), 956-983.
- Peccerillo, A., Taylor, S. R. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-81.
- Prabhakar, B. C., Jayananda, M., Shareef, M., Kano, T. (2009). Petrology and geochemistry of late Archean granitoids in the northern part of Eastern Dharwar, Southern India: implications for transitional geodynamic setting. *Journal of the Geological Society of India*, 74, 299-317.
- Rapp, R. P., Watson E. B. (1995). Dehydration melting of metabasalt at 8–32 kbar: implications for continental growth and crust–mantle recycling. *Journal of Petrology*, 36, 891-931.
- Rapp, R. P., Watson, E. B., Miller, C. F. (1991). Partial melting of amphibolite/eclogite and the origin of Archean trondhjemites and tonalites. *Precambrian Research*, 51, 1-25.
- Ringwood, A. E. (1975). *Composition and petrology of the Earth's mantle*. Nova York: McGraw-Hill.
- Rio Doce Geologia e Mineração (Docegeo) (1988). Revisão litoestratigráfica da Província mineral de Carajás. *Congresso Brasileiro de Geologia*, 35, 11-59. Belém: SBG, CVRD.
- Rodrigues, D. S., Oliveira, D. C., Macambira, M. J. B. (2014). Geologia, geoquímica e geocronologia do granito mesoarqueano Boa Sorte, município de Água Azul do Norte, Pará – Província Carajás. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, 9(3), 597-633.
- Rolando, A. P., Macambira, M. J. B. (2003). Archean crust formation in Inajá range area, SSE of Amazonian Craton, Brazil, based on zircon ages and Nd isotopes. *South American Symposium on Isotope Geology*, 4. CD-ROM.
- Rutter, M. J., Wyllie, P. J. (1988). Melting of vapour-absent tonalite at 10 kbar to simulate dehydration-melting in the deep crust. *Nature*, 331, 159-160.
- Santos, J. O. S. (2003). Geotectônica do escudo das Guianas e Brasil-Central. In: L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti, J. H. Gonçalves (Eds.), *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*, 169-226. Brasília: CPRM.
- Santos, P. A., Feio, G. R. L., Dall'Agnol, R., Costi, H. T., Lamarão, C. N., Galarza, M. A. (2013a). Petrography, magnetic susceptibility and geochemistry of the Rio Branco granite, Carajas Province, Southeast of Pará, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 43(1), 2-15.
- Santos, P. A., Teixeira, M. F. B., Dall'Agnol, R., Guimarães, F. V. (2013b). Geologia, petrografia e geoquímica da associação Tonalito-Trondhjemito-Granodiorito (TTG) do extremo leste do subdomínio de transição, Província Carajás, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, 8(3), 257-290.
- Santos, P. J. L., Oliveira, D. C. (2012). Geologia, petrografia e geoquímica das associações granodioríticas-graníticas de Nova Canadá, subdomínio de transição, Província Carajás. *Anais do XLVI Congresso Brasileiro de Geologia*. CD-ROM.

- Santos, P. J. L., Oliveira, D. C., Galarza, M. A., Macambira, M. J. B. (2010). Geologia, petrografia e geocronologia das rochas granitoides do Complexo Xingu da região de Nova Canadá, município de Água Azul do Norte – Província mineral de Carajás. *Anais do XLV Congresso Brasileiro de Geologia*. CD-ROM.
- Santos, R. D., Galarza, M. A., Oliveira, D. C. (2013c). Geologia, geoquímica e geocronologia do Diopsídio-Norito Pium, Província Carajás. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, 8(3), 355-382.
- Shand, S. J. (1950). *Eruptive rocks, their genesis, composition, classification and their relation to ore deposit*. 4th ed. Londres: Thomas Murby.
- Silva, A. C., Dall’Agnol, R., Guimarães, F. V., Oliveira, D. C. (2014). Geologia, petrografia e geoquímica de associações tonalíticas e trondhjemiticas arqueanas de Vila Jussara, Província Carajás, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, 9(1), 13-45.
- Singh, J., Johannes, W. (1996). Dehydration melting of tonalites. Part II. Composition of melts and solids. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 125, 26-44.
- Skjerlie, K. P., Johnston, A. D. (1992). Vapor-absent melting at 10 kbar of a biotite- and amphibole-bearing tonalitic gneiss: implications for the generation of A-type granites. *Geology*, 20(3), 263-266.
- Smith, J. V. (1974). *Feldspar minerals*. Volume 2. Chemical and Textural properties. Nova York: Springer-Verlag.
- Sousa, S. D., Monteiro, L. V. S., Oliveira, D. C., Delinardo, M. A. S., Moreto, C. P. N., Juliani, C. 2013. O *greenstone belt* Sapucaia na região de Água Azul do Norte, Província mineral de Carajás: contexto geológico e caracterização petrográfica. *Anais do XLVII Congresso Brasileiro de Geologia*. CD-ROM.
- Sousa, S. D., Oliveira, D. C., Gabriel, E. O., Macambira, M. J. B. (2010). Geologia, petrografia e geocronologia das rochas granitoides do Complexo Xingu da porção a leste da cidade de Água Azul do Norte (PA) – Província mineral de Carajás. *Anais do XLV Congresso Brasileiro de Geologia* 45. CD-ROM.
- Souza, M. C., Oliveira, D. C., Macambira, M. J. B., Galarza, M. A. T. (2010). Geologia, petrografia e geocronologia do granito de alto K da região de Velha Canadá, município de Água Azul do Norte – Província mineral de Carajás. *Anais do XLV Congresso Brasileiro de Geologia*. CD-ROM.
- Souza, Z. S., Dall’Agnol, R., Althoff, F. J., Leite, A. A. S. (1996). Carajás mineral Province: geological, geochronological and tectonic contrast on the Archean evolution of the Rio Maria granite-greenstone terrain and the Carajás block. *Extended Abstracts of the Symposium on Archean Terranes of South America Platform*, 1, 31-32.
- Streckeisen, A. L. (1976). To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Review*, 12(1), 1-33.
- Sutcliffe, R. H., Smith, A. R., Doherty, W., Bennett, R. L. (1990). Mantle derivation of Archean amphibole-bearing granitoid and associated mafic rocks: evidence from the Southern Superior Province, Canada. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 105, 255-274.
- Sylvester, P. J. (1989). Post-collisional alkaline granites. *Journal of Geology*, 97, 261-280.
- Sylvester, P. J. (1994). Archean granite plutons. In: K. C. Condie (Ed.), *Archean crustal evolution. Developments in Precambrian Geology*, 261-314. Amsterdã: Elsevier.
- Teixeira, M. F. B., Dall’Agnol, R., Silva, A. C., Santos, P. A. (2013). Geologia, petrografia e geoquímica do leucogranodiorito pantanal e dos leucogranitos arqueanos da área a norte de Sapucaia, Província Carajás, Pará: implicações petrogenéticas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, 8(3), 291-324.
- Vasquez, L. M., Rosa-Costa, L. R., Silva, C. G., Ricci, P. F., Barbosa, J. O., Klein, E. L., Lopes, E. S., Macambira, E. B., Chaves, C. L., Carvalho, J. M., Oliveira, J. G., Anjos, G. C., Silva, H. R. (2008). Geologia e recursos minerais do estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas-SIG: *texto explicativo dos mapas geológico e tectônico e de recursos minerais do estado do Pará*. Belém: CPRM.
- Whalen, J. W., Currie, K. L., Chappel, B. W. (1987). A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95, 407-419.
- Wilson, M. (1989). *Igneous petrogenesis*. Londres: Academic Press.