

Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: Implicações Sobre a Evolução Tectônica da Zona Transversal, Província Borborema

Edilton José dos Santos¹ (ediltonjsantos@terra.com.br), Allen P. Nutman², Benjamim Bley de Brito Neves³

¹Departamento de Geologia - Centro de Tecnologia e Geociências - UFPE
Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, CEP 50740-530, Recife, PE, BRA

²Research School of Earth Sciences - Australian National University, Canberra, AUS

³Departamento de Mineralogia e Geotectônica - Instituto de Geociências - USP, São Paulo, SP, BRA

Palavras-chave: Província Borborema, Terreno Alto Moxotó, SHRIMP, Paleoproterozóico, Complexo Sertânia.

RESUMO

O Complexo Sertânia é uma seqüência metassedimentar com pequena contribuição metavulcânica, de facies anfíbolito alto, que ocorre no Terreno Alto Moxotó, Zona Transversal da Província Borborema. Vários levantamentos geológicos têm incluído esta unidade num complexo gnáissico-migmatítico indiviso, questionando, por decorrência, a subdivisão de terrenos proposta para esse domínio litotectônico. O presente trabalho apresenta as primeiras idades geocronológicas U-Pb SHRIMP em zircão e dados isotópicos Sm-Nd desta unidade. Os dados de campo e microscópicos revelaram a presença de uma fração vulcanoclástica de composição andesítica e dacítica ao lado da dominante componente clástica dessas supracrustais. Por outro lado, as imagens de catodoluminescência dos zircões mostraram cristais bem formados ou pouco arredondados, sugerindo tratar-se de sedimentos pouco transportados. As idades calculadas são médias ponderadas com 95% de confiança, baseadas em agrupamentos de zircões de mesma geração. Foram obtidas idades em torno de 2,0 Ga, que representam a idade primária de cristalização dos zircões, localmente com sobrecrecimento brasileiro. As rochas metaplutônicas do suposto embasamento situam-se no mesmo intervalo de tempo, indicando uma contemporaneidade com a sedimentação das supracrustais. Os dados isotópicos de Nd (idade modelo T_{DM} e $\epsilon_{Nd(t)}$) confirmam a presença de fontes arqueanas e paleoproterozóicas. Esses dados demonstram o contraste entre as supracrustais do Terreno Alto Moxotó com as de outros terrenos da Zona Transversal, de idade meso a neoproterozóicas, o que impede sua correlação e implica numa individualização desse terreno como um compartimento tectônico independente dos demais.

Keywords: Borborema Province, Alto Moxotó Terrane, SHRIMP, Paleoproterozoic, Sertânia Complex.

ABSTRACT

The Sertânia complex in the Alto Moxotó Terrane, Zona Transversal of the Borborema Province, Northeast Brazil, is a metasedimentary sequence with a subordinate metavolcanic component, metamorphosed under upper amphibolite facies conditions. Several previous regional geological surveys have included this rock assemblage in an undivided gneissic-migmatitic complex, due to the lack of a tectonostratigraphic model for this unit. This paper presents the first geochronological zircon U-Pb ages (SHRIMP U-Pb ages) and the first Sm-Nd isotopic data for this complex. Field and microscopic research reveals the existence of a volcanoclastic fraction of andesitic and dacitic composition, besides the dominant clastic components in these supracrustals. Furthermore, cathodoluminescence images of zircons show well formed little rounded crystals, thus suggesting reduced sediment transport prior to deposition. The calculated ages means with a 95% confidence level, based on a group of zircons of the same generation plot around 2.0 Ga, representing the episode of primary zircon crystallization. Some observed overgrowths testify to an additional Brasileiro overprint (ca. 0.6 Ga). Geochronological data on the supposed meta-plutonic rocks of the same complex point to the same Paleoproterozoic time interval, thus indicating contemporaneity with the sedimentation of the supracrustals. The obtained Nd model ages and $\epsilon_{Nd(t)}$ parameters also confirm a contribution of Archean and Paleoproterozoic sources to these supracrustals rocks. These data clearly demonstrate contrast between the supracrustal rock assemblages of the Alto Moxotó Terrane and the supracrustals of other terranes of the Zona Transversal, which display Meso to Neoproterozoic ages, and imply that this crustal segment represents an independent lithotectonic domain.

INTRODUÇÃO

Dados geocronológicos recentes têm demonstrado que a Província Borborema resultou de uma colagem meso a neoproterozóica de várias subprovíncias ou domínios litotectônicos distintos. Do ponto de vista tectonoestratigráfico, a Província abrange 3 grandes domínios, denominados de Setentrional, Central e Meridional (Van Schmus *et al.*, 1995; Brito Neves *et al.*, 2000). Segundo alguns autores, esses domínios representam uma colagem de domínios litotectônicos menores (Jardim de Sá, 1994; Santos, 1996, 1999), de modo que os mesmos podem ser considerados superdomínios ou superterrenos, os quais são aqui denominados de subprovíncias Setentrionais, subprovíncia Transversal e subprovíncias Meridionais (Figura 1). Alguns domínios, faixas e terrenos que formam esse mosaico crustal da Província Borborema estão mostrados na Figura 1.

A evolução da Subprovíncia Transversal envolveu uma colagem através de dois eventos sucessivos, conhecidos como Cariris Velhos (*ca.* 1,0 Ga) e Brasileiro (*ca.* 0,6 Ga). Nela são reconhecidos a faixa brasileira Cachoeirinha e um conjunto de terrenos pré-brasileiros, descritos como faixa Riacho Gravatá, terrenos Alto Pajeú (TAP), Alto Moxotó (TAM) e Rio Capibaribe (TRC), de estruturação vinculada aos eventos Cariris Velhos e Transamazônico, com retrabalhamento brasileiro. Esse domínio pré-brasileiro inclui diversas seqüências litoestratigráficas, de relações estratigráficas nem sempre claras e idades, em grande parte, inferidas.

Uma dessas seqüências é o Complexo Sertânia, o qual foi descrito originalmente por Santos (1971, 1977) na região de Arcoverde (PE), como uma das seqüências litoestratigráficas do denominado Complexo do Alto Moxotó. O Complexo Sertânia é formado por gnaisses e migmatitos de protólito essencialmente sedimentar pelítico, distinguindo-se de duas outras seqüências, uma de protólito psamítico (São Caetano) e outra vulcano-sedimentar (Feliciano). Esse conjunto de rochas gnáissicas, entretanto, foi sempre mapeado como um único complexo gnáissico-migmatítico, às vezes denominado formalmente de Grupo Monteiro (Gomes *et al.*, 1980), tendo sido considerado como a seqüência inferior da faixa de dobramentos Pajeú-Paraíba por Brito Neves (1975). Posteriormente, essas supracrustais voltaram a ser individualizadas por Veiga Jr & Ferreira (1990), Wanderley (1990) e Santos (1999), os quais estabeleceram seu status atual de complexo litoestratigráfico independente.

Os mapas geológicos recentes 1:500.000 do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) mostram bem a distribuição desta unidade (Figura 2), embora persistam dúvidas em algumas áreas, quanto às suas relações com o Complexo São Caetano, de idade Cariris Velhos. Não existem dados geocronológicos desta unidade, para a qual foram atribuídas ida-

des desde paleo até mesoproterozóica. O presente texto apresenta os primeiros dados geocronológicos do Complexo Sertânia, o que contribui para a interpretação tectonoestratigráfica desse importante trato da Província Borborema.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

O Complexo Sertânia compreende uma seqüência supracrustal de natureza sedimentar com uma contribuição vulcânica subordinada, metamorfizada na facies anfíbolito alto (Santos, 1977). Na sua área tipo, a região de Sertânia (PE) (Figura 2), o complexo homônimo é formado, essencialmente, por granada-biotita gnaisses com ou sem sillimanita, com intercalações de mármore, xisto vulcanoclástico e algum quartzito, rocha calcissilicática e anfíbolito. Essas rochas são penetradas por intrusões graníticas tabulares (Cariris Velhos?) e migmatizadas em maior ou menor grau, abrangendo facies estromáticas, freqüentemente dobradas (Fotos 2 a 4), as quais evoluem para tipos *schlieren* até homófanos.

Nas regiões sul e sudeste de Sumé (PB) (Figura 2), predominam granada-biotita xistos com abundantes intercalações de mármore. A oeste e sudoeste de Sertânia parece haver uma gradação para facies rica em quartzitos, formações ferríferas e metavulcânicas máficas, às vezes descritas como diferentes facies ou complexos. Segundo Santos (1999), o Complexo Sertânia representa a unidade supracrustal característica do TAM, de natureza predominantemente plataformal, a qual distribui-se num *trend* geral NE-SW, envolvendo terrenos gnáissico-migmatíticos, muitas vezes referidos como Complexo Floresta. Além disso, ocorrem intrusões tabulares de ortognaisses tonalíticos a trondhjemíticos, recém definidos como suíte Camalaú (Santos *et al.*, 2002) (Figura 2).

Neste Complexo, é reconhecido um evento contracional D_n , gerador de zonas de cisalhamento de baixo ângulo e dobras reviradas, isoclinais e recumbentes, às quais estão associadas um metamorfismo de facies anfíbolito alto com anatexia parcial e a colocação de numerosos *sheets* de granitos leucocráticos. Essa trama gnáissica e migmatítica é redobrada por eventos subsequentes (eventos D_{n+1}), os quais produziram novas dobras, que variam de simétricas ou assimétricas mais ou menos apertadas, com plano axial desde vertical até horizontal (Fotos 1 a 4).

O limite do TAM com a faixa Cariris Velhos do TAP tem sido definido como uma *nappe* migmatítica, a *nappe* Serra de Jabitacá (Santos, 1999), na qual faixas supracrustais do Complexo Sertânia estão deformadas juntamente com ortognaisses e migmatitos, incluindo lentes e massas de anfíbolito, metamáfica com ou sem granada, skarn, metapiroxenito, granulito e metanortosito. O transporte de massa é dirigido para WNW e NW, confirmando o

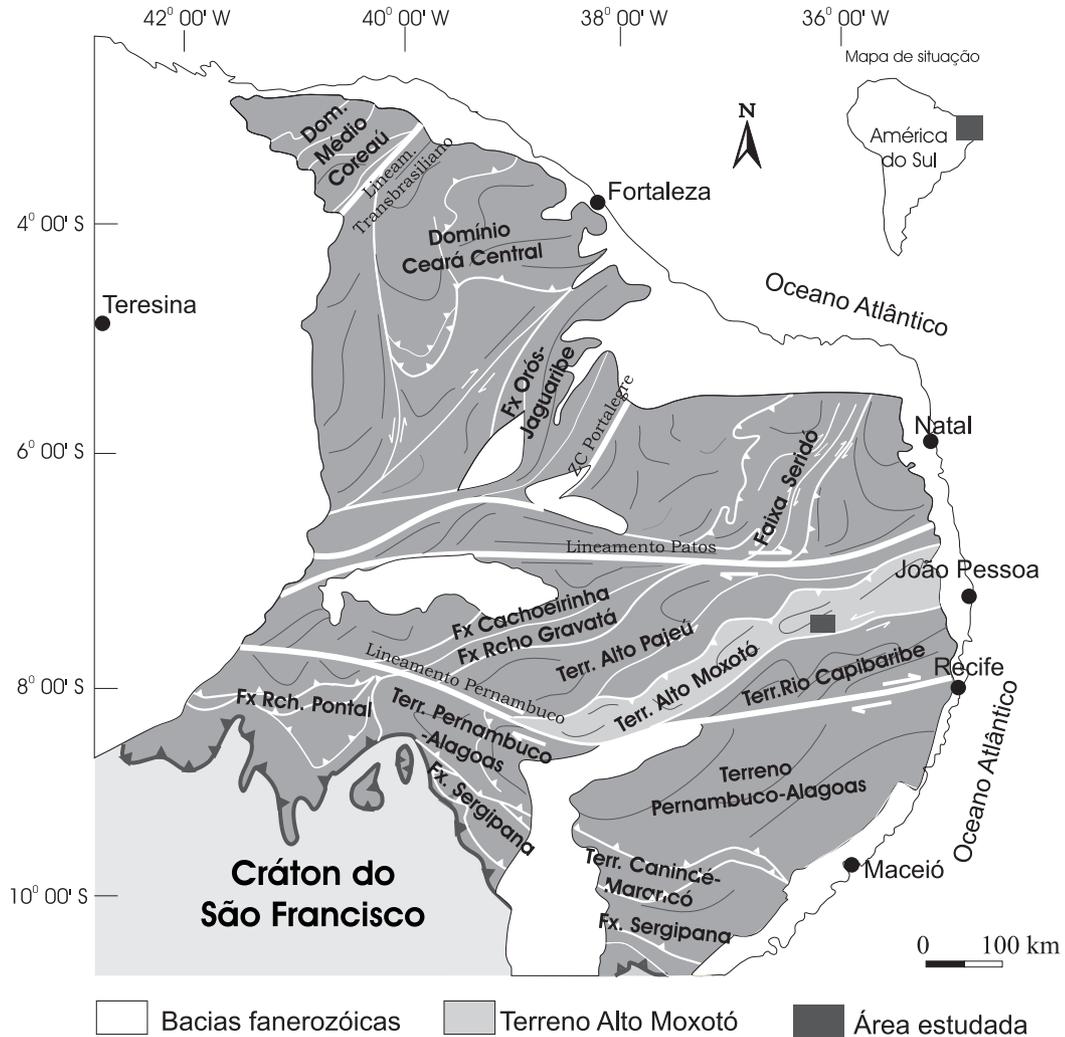


Figura 1. Compartimentação tectônica da Província Borborema, com a localização do Terreno Alto Moxotó e da área estudada. As subprovíncias setentrionais, ao norte do lineamento Patos, possuem grandes extensões de terrenos arqueano e paleoproterozóico (incluindo a faixa estateriana Orós-Jaguaribe) e domínios brasileiros (Médio Coreau, Ceará Central e Seridó). A subprovíncia Transversal inclui um terreno paleoproterozóico (Alto Moxotó) e faixas de evolução Cariris Velhos e/ou brasileira (Cachoeirinha, Riacho Gravatá, Alto Pajeú e Rio Capibaribe). As subprovíncias meridionais, ao sul do lineamento Pernambuco, englobam faixas de evolução predominantemente brasileira (Riacho do Pontal e Sergipana) e domínios brasileiros com protólitos, em parte, esteniano-tonianos (Canindé-Maracó e Pernambuco-Alagoas).

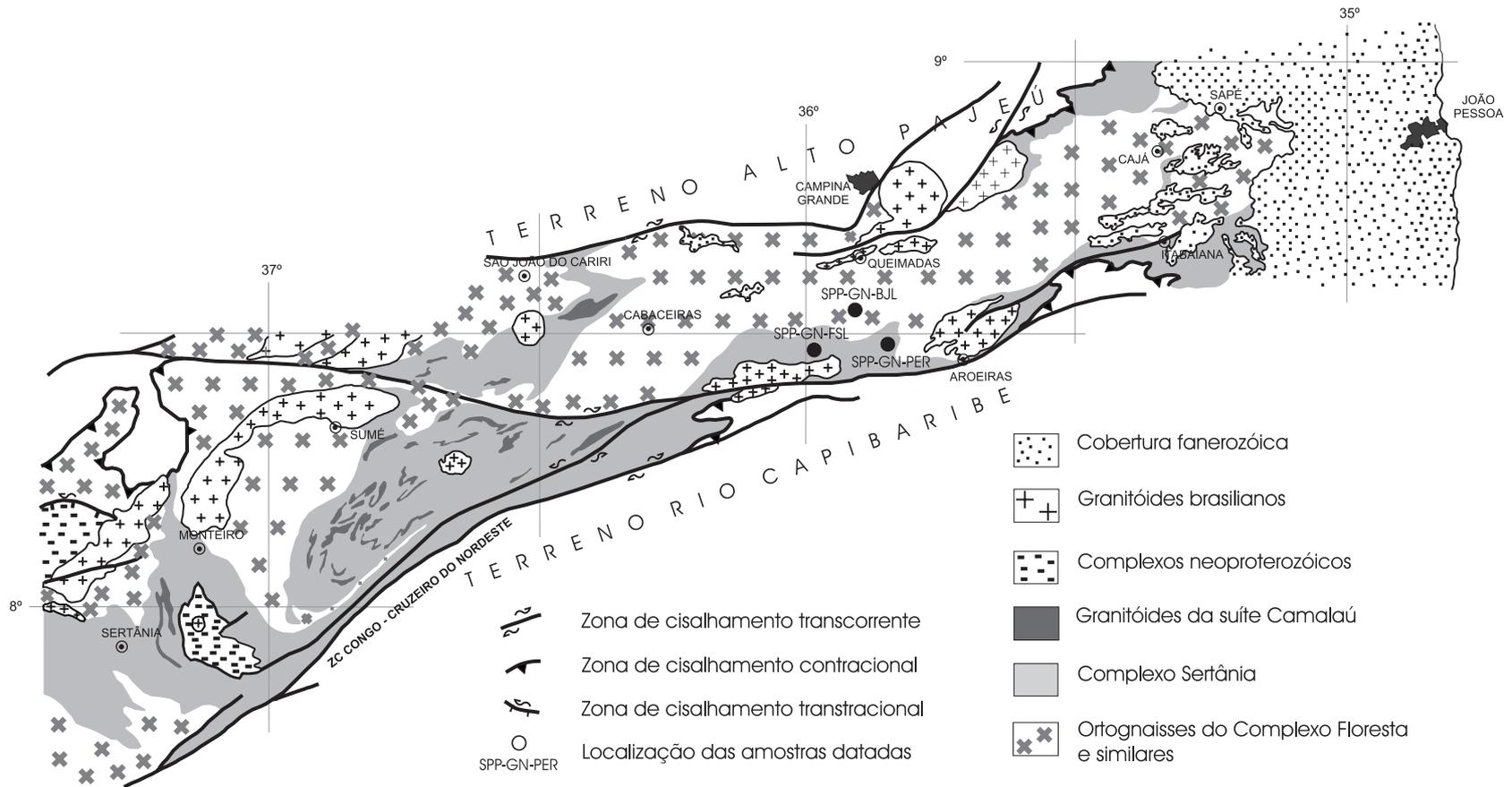


Figura 2. Mapa geológico simplificado do Terreno Alto Moxotó, mostrando a distribuição do Complexo Sertânia e a localização das amostras coletadas (geologia compilada de Santos et al., 2002).

acavamento do TAM sobre o TAP. O *trend* geral dessa megaestrutura é NE-SW, mas as estruturas internas pré-brasilianas orientam-se preferencialmente no rumo NW-SE, sugerindo a presença de uma trama antiga, ainda insuficientemente estudada. Há indícios de que essa trama gnáissica S_n , presente nas supracrustais, seja anterior ao empurrão do TAM sobre o TAP, o que é sugerido por complexos padrões de interferência observados, principalmente, nos ortognaisses da *nappe* Serra de Jabitacá.

Outras evidências são as lentes e blocos de metamáficas, algumas delas antigos diques, que cortaram a foliação S_n e foram posteriormente rompidas e rotacionadas pela foliação principal da *nappe*. A idade dessa tectônica contraccional pós-diques ainda é motivo de discussão, sendo interpretada ora como Cariris Velhos, ora como cedobrasiliiana.

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DAS AMOSTRAS

Para o presente estudo, foram coletadas amostras do Complexo Sertânia e de um complexo metaplutônico, geralmente interpretado como seu embasamento, embora esta relação estratigráfica não esteja comprovada. Essas duas unidades foram estudadas na região de Aroeiras (PB) e a localização das amostras é mostrada na Figura 2. O complexo metaplutônico, muitas vezes chamado de Complexo Floresta, é formado por ortognaisses máficos e félsicos, variadamente migmatizados. A amostra SPP-GN-BJL, coletada na localidade de Barra do João Leite, é um ortognaisse de composição álcali-feldspato granítica, formado essencialmente por quartzo, K-feldspato perfitico e biotita marrom esverdeada, resultante de retrometamorfismo da hornblenda. Os principais acessórios são zircão, apatita e allanita. Não foi observada a presença de clinopiroxênio, mas relictos deste mineral são comuns entre os ortognaisses máficos. Em vários afloramentos na região de Custódia (PE), Santos (1977) descreveu também relictos de ortopiroxênio nesses ortognaisses. A presença deste mineral ao lado do clinopiroxênio, do K-feldspato perfitico e a textura granular desses ortognaisses sugerem que condições de pico metamórfico na facies granulito teriam sido atingidas, sendo as paragêneses subseqüentemente reequilibradas para a facies anfíbolito. Alguma actinolita dispersa indica ainda retrometamorfismo de hornblenda na facies anfíbolito baixo.

O Complexo Sertânia na área é formado por metapelitos e metagrauvas, com suposta contribuição vulcanoclástica, como se observa nas amostras das fazendas São Luís (amostra SPP-GN-FSL) e Pereiro (amostras SPP-GN-PER e SPP-GN-BXS). A amostra SPP-GN-FSL é um granada-biotita-plagioclásio xisto com cristais maiores e dispersos de quartzo, além dos acessórios titanita, apatita, zircão e opacos. A presença de zircões bem cristalizados e com zonação

oscilatória concordante com as bordas dos cristais, conforme observado nas imagens de catodoluminescência (Foto 5), indica a existência de uma componente ígnea nesta rocha. Esse detalhe nos leva a supor que os grãos de quartzo destacados em meio à matriz granolepidoblástica podem ser uma herança de pórfiros vulcânicos ou vulcanoclásticos, embora a textura primária tenha sido totalmente obliterada. A composição mineralógica é comparável à de dacitos e quartzoandesitos, mas a presença de granada demonstra claramente uma contribuição clástica, sugerindo tratar-se primariamente de uma grauva vulcanoclástica.

A amostra SPP-GN-BXS, cujos zircões não foram analisados, é um gnaiss de granulação muito grossa, com bastante plagioclásio, quartzo e biotita rica em Ti, com sillimanita local, formada por substituição da biotita. A composição mineralógica é similar à da amostra anterior, isto é, dacítica a quartzoandesítica, com ausência da granada. A biotita foi transformada em rutilo nas bordas dos cristais, sugerindo o desenvolvimento de um incipiente metamorfismo de pressão mais elevada. Por sua vez, a formação da sillimanita e a segregação composicional metamórfica indicam condições de PTX de início da anatexia. A amostra SPP-GN-PER é um migmatito estromático com formação de bandas de meso e neossoma. A mineralogia difere das amostras anteriores pela abundância da microclina perfitica ao lado do quartzo, granada e apatita. Plagioclásio e mirmequita são subordinados. Trata-se de um migmatito de protólito metassedimentar do Complexo Sertânia.

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO SHRIMP, CALIBRAÇÕES DOS DADOS E ERROS ANALÍTICOS

Os dados isotópicos U-Pb em zircão foram obtidos no laboratório SHRIMP I da *Australian National University* (ANU), usando um *spot* de ca. 25 μm com um feixe de íon primário tipo massa filtrada 02. Uma resolução de massa de 5500 a 6000 (t medido em termos de 1% de altura de pico) foi usada para análise. Detalhes dos procedimentos analíticos são apresentados por Stern (1998) e Williams (1998). Devido a efeitos como a resistência diferencial entre os elementos das espécies óxido e metálicas, durante a aplicação do feixe, as razões interelementares são calibradas com um padrão, cujas razões são conhecidas por espectrometria de massa por ionização termal e diluição isotópica (IDITMS). Esse método de calibração é explicado em detalhe por Stern (1998) e Williams (1998). Esta razão $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ tem um componente de erro (usualmente 1,5 a 2,0%) da calibração das medidas quando se usam os zircões padrões. O teor de U foi calibrado em relação a fragmentos de um simples cristal padrão SL13 com 238 ppm de U ($< \pm 10\%$), enquanto a razão Pb/U foi calibrada em relação ao padrão multicristal AS57 de



1



2



3



4

Fotos do Complexo Sertânia na área tipo: **1.** Paragneisse bandado parcialmente migmatizado, com protólito metavulcanoclástico rompido e preservado na migmatização. **2.** Migmatito estromático exibindo dobra simétrica D_{n+1} apertada com PA subvertical. **3.** Migmatito estromático com intercalações de metavulcanoclásticas, redobrado por D_{n+1} , mostrando dobras assimétricas com PA's subparalelos. **4.** Migmatito estromático dobrado por eventos D_{n+1} , desenvolvendo dobras abertas assimétricas com PA's subhorizontais.

1100 Ma (Paces & Miller 1993). Todos os erros levaram em conta as flutuações não lineares nas taxas de contagem iônica, além daquela esperada pela contagem estatística (e.g. Stern 1998).

As constantes de decaimento e o valor atual da razão $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ fornecidos por Steiger & Jager (1977) foram usados para calcular as idades. Para suítes neoproterozóicas com zircões de mais baixo U (= 1500 ppm), as idades mais confiáveis são aquelas obtidas das razões $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, seguido da correção para o Pb comum pelo método do ^{207}Pb (Compston *et al.*, 1984) e o uso da composição do Pb modelo, para a provável idade dos zircões (Cummings & Richards, 1977). Para as suítes neoproterozóicas com zircões de mais alto U, nas quais os contrastes da matriz com os zircões padrões podem tornar a calibração do U/Pb irreal, uma maior confiança é fornecida por idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, seguindo-se a correção para o Pb comum baseada no ^{204}Pb medido. Para

obtenção de idades de zircões mais antigos, é mais confiável usar idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ nos pontos que se aproximam das idades concordantes, seguindo-se a correção para o Pb comum baseado no ^{204}Pb medido.

As idades selecionadas calculadas neste trabalho são médias ponderadas (análise ponderada do inverso da variância, 95% de confiança e arredondamento para o milhão de anos mais próximo), baseadas no agrupamento de locais, interpretados a partir das imagens CL (catodoluminescência) como pertencentes a uma mesma geração de zircão. As idades foram calculadas utilizando-se o programa Isoplot/EX de Ludwig (1998). Os teores e os locais analisados de Th/U (Tabela 1 - SHRIMP) são discutidos somente quando considerados importantes para a interpretação dos dados isotópicos. Os dados são apresentados na Figura 3, como diagramas Tera-Wasserburg com $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ versus $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Tabela 1. Dados U-Pb SHRIMP dos zircões do Complexo Sertânia.

Sigla do grão	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	²⁰⁶ Pb comum %	Razão ²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	Razão ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	Idade Ma ± 1s	% disc		
Amostra SPP-GN-FSL xisto vulcanoclástico										
1,1	140	121	0,86	1,41 ± 0,38	14,103 ± 0,817	0,0727 ± 0,0046	1004 ± 133	-56		
2,1	314	25	0,08	1,38 ± 0,19	4,330 ± 0,159	0,1171 ± 0,0026	1912 ± 40	-30		
3,1	199	41	0,21	1,51 ± 0,14	2,872 ± 0,099	0,1307 ± 0,0024	2108 ± 33	-9	2108	33
4,1	177	58	0,33	1,00 ± 0,06	2,412 ± 0,090	0,1334 ± 0,0027	2143 ± 36	4	2143	36
5,1	85	35	0,42	1,50 ± 0,26	2,602 ± 0,113	0,1332 ± 0,0034	2140 ± 45	-2	2140	45
6,1	158	55	0,35	1,00 ± 0,02	2,507 ± 0,126	0,1324 ± 0,0022	2130 ± 30	2	2130	30
7,1	414	96	0,23	0,90 ± 0,06	2,743 ± 0,089	0,1318 ± 0,0017	2121 ± 22	-6	2121	22
8,1	107	12	0,11	0,82 ± 0,09	2,719 ± 0,136	0,1355 ± 0,0037	2171 ± 48	-7		
9,1	134	44	0,33	0,58 ± 0,03	2,605 ± 0,158	0,1327 ± 0,0039	2134 ± 52	-2	2134	52
2126 ± 26 95% 0,14										
Amostra SPP-GN-PER gran-biotita xisto metassedimentar										
1,1	678	5	0,01	1,00 ± 0,02	2,704 ± 0,087	0,1219 ± 0,0035	1984 ± 52	2		
2,1	179	52	0,29	2,55 ± 0,10	2,662 ± 0,080	0,1234 ± 0,0049	2006 ± 72	3		
3,1	316	42	0,13	0,27 ± 0,06	3,003 ± 0,067	0,1196 ± 0,0020	1950 ± 30	-5		
4,1	249	44	0,18	1,95 ± 0,09	2,764 ± 0,101	0,1234 ± 0,0046	2006 ± 68	-1		
5,1	258	243	0,94	1,12 ± 0,05	2,456 ± 0,042	0,1378 ± 0,0010	2200 ± 12	0		
6,1	765	87	0,11	1,82 ± 0,02	2,795 ± 0,046	0,1225 ± 0,0011	1994 ± 16	-1		
7,1	698	74	0,11	2,50 ± 0,02	2,683 ± 0,055	0,1280 ± 0,0013	2070 ± 18	-1		
8,1	759	36	0,05	1,00 ± 0,02	2,974 ± 0,064	0,1191 ± 0,0024	1943 ± 37	-4		
9,1	172	2	0,01	0,44 ± 0,03	10,196 ± 0,220	0,0610 ± 0,0025	638 ± 92	-6		
10,1	458	75	0,16	1,39 ± 0,05	2,809 ± 0,100	0,1232 ± 0,0061	2003 ± 91	-2		
11,1	152	54	0,35	1,15 ± 0,09	2,810 ± 0,061	0,1222 ± 0,0024	1988 ± 35	-1		
12,1	227	11	0,05	3,30 ± 0,37	10,836 ± 0,206	0,0560 ± 0,0047	453 ± 197	26		
12,2	272	38	0,14	1,87 ± 0,07	2,475 ± 0,073	0,1257 ± 0,0039	2039 ± 56	7		
13,1	54	26	0,48	1,26 ± 0,31	3,811 ± 0,147	0,1182 ± 0,0630	1930 ± 98	-22		
14,1	284	42	0,15	2,13 ± 0,06	3,172 ± 0,099	0,1144 ± 0,0026	1870 ± 42	-6		
15,1	299	37	0,12	0,84 ± 0,06	2,913 ± 0,095	0,1206 ± 0,0050	1964 ± 75	-3		
Amostra SPP-GN-BJL ortognaisse										
9,1	172	2	0,01	0,80 ± 0,26	10,195 ± 0,220	0,0611 ± 0,0025	602 ± 12			
12,1	227	11	0,05	2,93 ± 0,03	10,705 ± 0,200	0,0675 ± 0,0029	571 ± 10			
1,1	376	64	0,17	0,27 ± 0,05	3,620 ± 0,159	0,1177 ± 0,0027	1921 ± 41	-18		
1,2	609	43	0,07	0,16 ± 0,04	3,208 ± 0,142	0,1223 ± 0,0062	1990 ± 93	-12	n=4	
2,1	491	77	0,16	0,08 ± 0,03	2,933 ± 0,092	0,1262 ± 0,0044	2045 ± 63	-7	2045	63
3,1	413	90	0,22	1,44 ± 0,07	2,907 ± 0,068	0,1239 ± 0,0011	2013 ± 15	-5	2013	15
3,2	332	89	0,27	0,21 ± 0,06	2,804 ± 0,073	0,1203 ± 0,0023	1961 ± 35	-1	1961	35
4,1	516	119	0,23	0,04 ± 0,02	2,818 ± 0,077	0,1237 ± 0,0011	2010 ± 16	-3	2010	16
5,1	983	21	0,02	0,69 ± 0,15	4,569 ± 0,125	0,1148 ± 0,0018	1877 ± 29	-32	2008 ± 21	95% 0,8
6,1	257	76	0,29	2,30 ± 0,56	3,340 ± 0,121	0,1176 ± 0,0061	1920 ± 95	-12	MSWD	0,6

Os dados ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb foram corrigidos para o Pb comum, usando-se o ²⁰⁴Pb medido, corrigido para as razões isotópicas tabeladas

DADOS GEOCRONOLÓGICOS

O Complexo Sertânia foi datado através dos afloramentos das fazendas São Luís e Pereiro, descritos anteriormente. A amostra SPP-GN-FSL forneceu principalmente zircões prismáticos, com mais de 200 µm de comprimento. Em imagens CL, muitos cristais mostram zonação oscilatória subconcordante ao exterior dos grãos. Eles comumente apresentam finos intercrescimentos parciais, os quais aparecem límpidos e homogêneos nessas imagens CL (*e. g.* grãos 8 e 9 da Foto 5). Uma minoria dos grãos mostra zonação

oscilatória fortemente truncada nos limites dos grãos. O grão 7 é um exemplo desse caso (Foto 5), o qual tem uma fina auréola parcial de zircão homogêneo. Nove análises foram realizadas sobre os 9 grãos (Tabela 1, Figura 3a).

Todas as 6 análises do zircão com zonação oscilatória forneceram uma idade média ponderada de ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb de 2126 ± 26 Ma (95% de confiança, MSWD = 0,14). A análise 8.1 de uma auréola homogênea límpida forneceu idades dentro do erro deste valor, enquanto que as análises 1.1 e 2.1 também de auréolas límpidas, forneceram idades discordantes mais jovens (Tabela 1). A amostra é claramente domina-

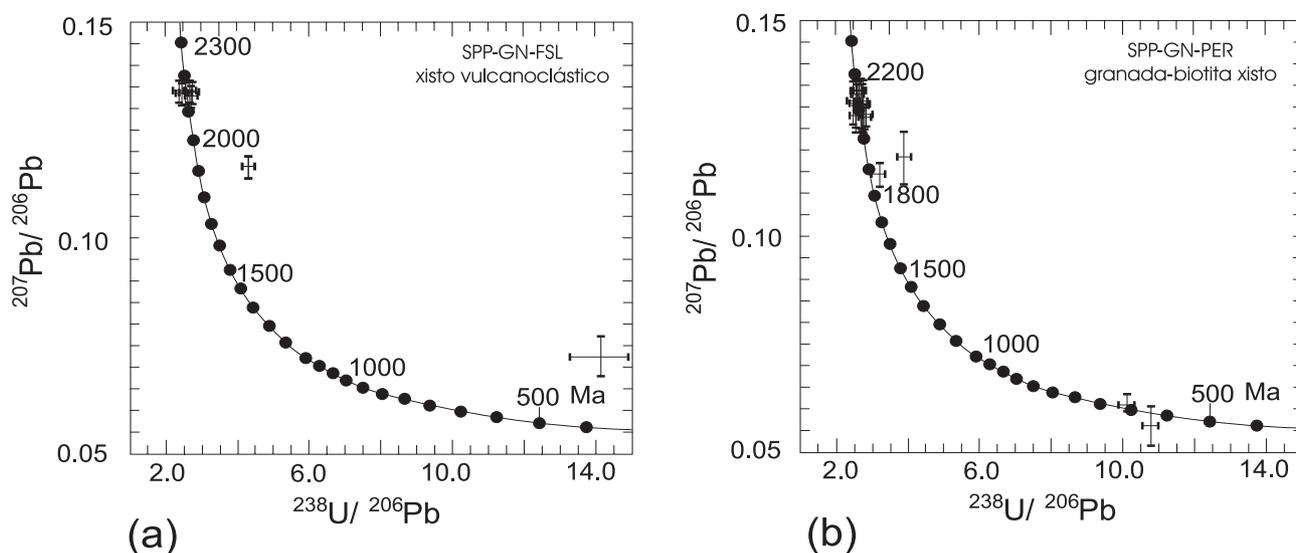


Figura 3. Diagramas Tera-Wasserburg das amostras do Complexo Sertânia: **a** - xisto vulcanoclástico da Fazenda São Luís, mostrando uma concentração entre 2100 e 2200 Ma; **b** - granada-biotita xisto (metassedimento) da Fazenda Pereiro, mostrando um certo espalhamento de pontos entre 1950 e 2100 Ma.

da por zircões paleoproterozóicos de origem ígnea e idade restrita, os quais foram afetados por metamorfismo subsequente e distúrbio isotópico, no evento Brasiliano.

A amostra SPP-GN-PER contém zircões ovais a prismáticos algo arredondados, com comprimento acima de $\sim 250\ \mu\text{m}$. Em imagens CL, muitos grãos mostram zonação oscilatória, que é geralmente subconcordante com o exterior dos grãos, embora em alguns casos (*e. g.* grão 8.1, Foto 6) ela seja truncada. Alguns grãos apresentam sobrecrecimento, o qual aparece como zircão homogêneo a levemente oscilatório em imagens CL (*e. g.* grãos 12.1 e 5.1, Foto 6). Dezesesseis análises foram realizadas sobre 15 grãos (Tabela 1). A maioria dos locais sobre zircão zonado oscilatório forneceu idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ concordantes ou próximas, com valores entre ~ 2200 e 1950 Ma (Figura 3b). Esses grãos são interpretados como sendo derivados de um terreno paleoproterozóico dominado por rochas formadas em um curto período de tempo. Considerando-se a aparente falta de abrasão desses grãos, eles são, provavelmente, de um sistema sedimentar com reduzido transporte. Duas análises de sobrecrecimentos (12.1 e 9.1, Tabela 1, Foto 6) forneceram idades muito mais jovens. Embora essas idades não forneçam um dado preciso, elas claramente indicam um sobrecrecimento de zircão durante o metamorfismo neoproterozóico.

O complexo metaplutônico, correlacionado ao Complexo Floresta, foi datado para comparação. Os dados da amostra SPP-GN-BJL (8 análises) produziram dois modelos. O

primeiro mostra um alinhamento de todos os pontos, cuja regressão aponta para dois interceptos, de $2016 \pm 27\ \text{Ma}$ e $393 \pm 150\ \text{Ma}$, com $\text{MSWD} = 0,6$ (Figura 4). O modelo alternativo reúne as quatro análises mais concordantes, fornecendo uma idade de média ponderada $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de $2008 \pm 21\ \text{Ma}$, com 95% de confiança e $\text{MSWD} = 0,8$. Esses dados confirmam que o complexo metaplutônico possui a mesma idade das supracrustais, em torno de 2000 Ma, que coincide com idades U-Pb concórdia obtidas em outras amostras do Terreno Alto Moxotó (Brito Neves *et al.*, 2001). A idade de intercepto inferior, aparentemente, não tem significado geológico.

A Tabela 2 mostra alguns dados Sm-Nd do Complexo Sertânia, obtidos em amostras coletadas em várias localidades do TAM, incluindo a área estudada. A Figura 5 exibe a evolução isotópica do Nd destas rochas. Observa-se que o sillimanita-biotita gnaiss de Aroeiras (SPP-GN-Bgx), o gnaiss da Fazenda São Luís e a biotita gnaiss de Sertânia (SPP-Gn-SERT3), área tipo do complexo, apresentaram idades modelos paleoproterozóicas (2,47 e 2,48 Ga respectivamente). As demais amostras possuem idade modelo Nd T_{DM} arqueanas (entre 2,69 até 2,74 Ga), com valores de $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ negativos, indicando que já representam crosta retrabalhada. Brito Neves *et al.* (2001) também apresentam várias idades modelos Sm-Nd arqueanas, o que indica que parte da fonte do Complexo Sertânia deve ser uma crosta arqueana, ainda não reconhecida no Terreno Alto Moxotó.

A Tabela 3 apresenta diversas determinações Sm-Nd dos



Foto 5. Cristais de zircão da amostra da Fazenda São Luís, exibindo a forma quase euédrica dos cristais e a zonação oscilatória paralela às bordas dos cristais. A foto ilustra também os locais de datação, variando de ca. 2121 até 2171 Ma.

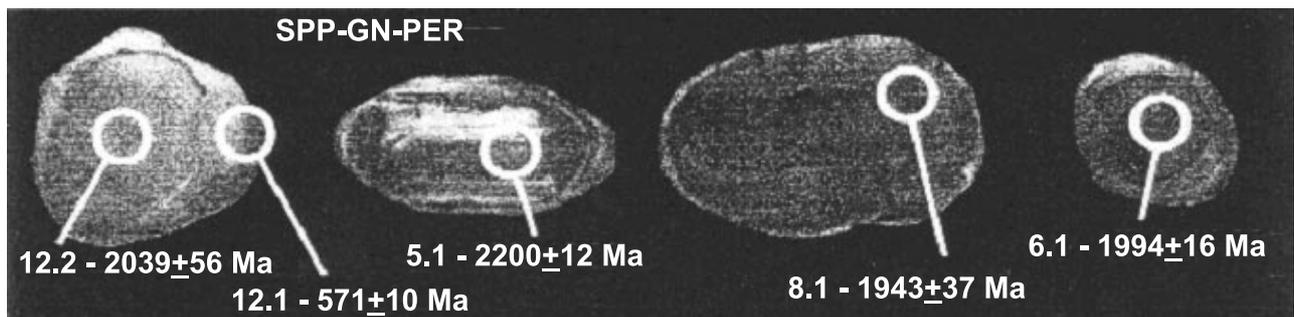


Foto 6. Cristais de zircão da amostra da Fazenda Pereiro, mostrando variado grau de arredondamento. Os cristais do meio ainda preservam um pouco das formas prismáticas originais. O grão da direita é subarredondado, mas a zonação oscilatória indica a forma antiga do cristal. São ilustrados ainda diversos pontos de datação, que indicam idades entre 2200 e 1994 Ma. O cristal da esquerda mostra um núcleo com ca. 2039 Ma e um sobrecrescimento brasileiro (ca. 571 Ma).

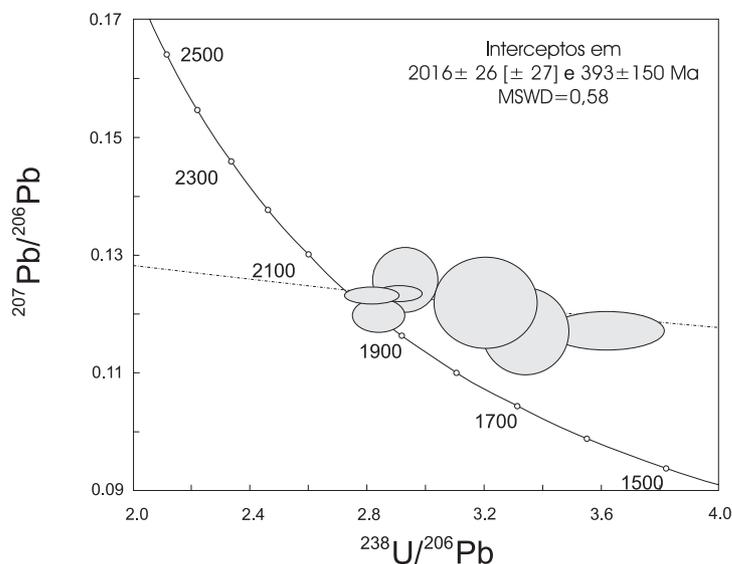


Figura 4. Diagrama concórdia U-Pb em zircão do ortognaise de Barra de João Leite, com regressão das 8 análises (modelo 1), que indica uma idade de intercepto superior de 2016 ± 26 [± 27] e intercepto inferior de 393 ± 150 Ma. O modelo 2, com as 4 análises mais concordantes (não ilustrado) forneceu uma regressão de 2008 ± 21 Ma.

Tabela 2. Dados isotópicos Sm-Nd do Complexo Sertânia.

Amostra	Sigla amostra	Localização	Rocha	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Erro	T_{DM} DePaolo (Ma)	$\epsilon_{\text{Nd}(0)}$	$\epsilon_{\text{Nd}(t)}$
1	SPP-Gn-Col	Caracolzinho	Bt gnaïsse	4.269	22.233	0,1161	0,511299	0,000012	2748,70	-26,12	-5,56
2	SPP-GN-FSL	Faz. São Luís	Xisto vulcanoc.	3.116	15.576	0,1210	0,511637		2319,50	-19,53	-0,21
3	SPP-GN-PER	Pereiro	Gran-biot xisto	10.267	46.405	0,1338	0,511502		2981,80	-12,16	-6,11
4	SPP-Bgx	W-Aroeiras	Sill-Bt gnaïsse	13.344	91.770	0,0879	0,511014	0,000010	2470,70	-31,68	-3,93
5	SPP-Gn-EITA	E-Itabaiana	Bt gnaïsse	6.416	36.281	0,1069	0,511169	0,000010	2696,40	-28,66	-5,76
6	SPP-Gn-WSSF	W-Salgado S. Felix	Bt gnaïsse	2.077	7.400	0,1697	0,512265	0,000036	2739,50	-7,28	-0,39
7	SPP-Gn-SERT3	Sertânia (cidade)	Bt gnaïsse	31.473	226.723	0,0839	0,510938	0,000013	2484,70	-33,16	-4,40

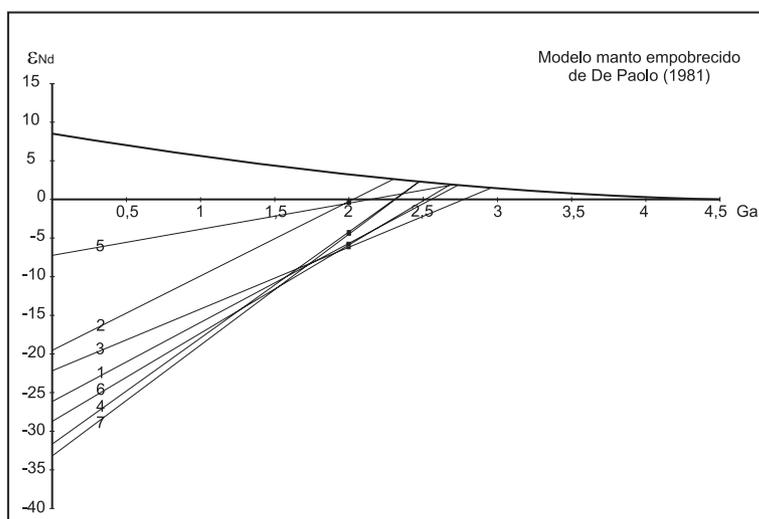


Figura 5. Diagrama de evolução isotópica ϵ_{Nd} do Complexo Sertânia. As linhas de evolução 2 e 3 correspondem às amostras SPP-GN-PER e SPP-GN-FSL datadas por U-Pb SHRIMP no presente trabalho. Os dados analíticos estão na Tabela 2.

Tabela 3. Dados isotópicos Nd das rochas do Terreno Alto Moxotó. Os valores de $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ foram calculados para 2000 Ma. Dados compilados: **1** - Fernandes (1997); **2** - Dantas (1997); **3** - Brito Neves et al. (2001).

Amostra	Coordenadas	Localidade	Rocha	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Erro	$\epsilon_{\text{Nd}(t)}$	$\epsilon_{\text{Nd}(0)}$	TDM (Ma)	Fonte
SCB-Gn-APA	35°25'00''W/5°25'42''S	Faz. Aparecida	Gnaïsse	31,43	17.400	0,1092	0,511439	0,000044	-23,39	-1,07	2349	1
SCB-Gn-CV	35°13'20''W 7°09'30''S	Pedreira Sobrado	Gnaïsse	3,57	14,54	0,14837	0,511918	0,000008	-14	-1,72	2650	2
SCB-Mi-MIR	35°10'52''W/6°57'12''S	Rio Miriri	Migmatito	3,841	18,411	0,1143	0,511518	-0,000012	-21,85	-3,85	2348	3
SPP-F-INA	35°20'00''W/7°19'21''S	N Itabaiana	R. calcissil.	0,862	4,302	0,1212	0,511405	0,000041	-24,05	-4,79	2721	1
SCB-Agn-41c	35°36'29''W/7°09'14''S	N Juarez Távora	Ortognaïsse	10,995	88,731	0,0749	0,511053	0,00001	-30,92	0,15	2191	3
SCB-Gn-Zbi	35°10'00''W/6°58'36''S	Faz. Zumbi	Ortognaïsse	13,824	88,865	0,0997	0,511462	0,000013	-22,94	3,24	2117	3
SPP-Mi-PTA	37°01'00''W/7°47'50''S	S Prata	Migmatito	15,625	86,827	0,1088	0,510321	0,000014	-45,2	-22,78	4070	3
SCB-Gn-SMB	35°12'42''W/7°01'37''S	Samambaia	Ortognaïsse	22,59	43,887	0,3113	0,511616	0,000008	-28,8	-	4300	3
SPP-Gn-PDS	35°55'00''W/7°27'00''S	Pedreira Soares	Gnd gnaïsse	3,97	27,8	0,08644	0,510874	0,000009	-34	-6,28	2610	2
SPP-Gn-13	35°04'10''W/7°27'16''S	S Queimadas	Ortognaïsse	6,035	29,264	0,1247	0,511615	0,000015	-19,96	-1,59	2459	3
SCB-Gn-K44	35°30'00''W/7°12'20''S	Km44 BR-230	Gnaïsse	3,8	18,46	0,12436	0,511413	0,000007	-23,9	-5,44	2810	2
SCB-Mi-ITB	35°39'30''W/7°23'10''S	W Itatuba	Gnaïsse	3,11	18,93	0,009976	0,511996	0,000009	-37,2	-14,9	2810	3
SCB-Ag-ITA2	35°39'30''W/7°23'10''S	W Itatuba	Ortognaïsse	14,74	89,415	0,0996	0,511211	0,000011	-27,84	-3,07	2460	3
SCB-Mi-JTV	35°04'10''W/7°27'16''S	N Juarez Távora	Migmatito	4,24	25,98	0,9872	0,511346	0,000008	-25,2	-0,21	2260	2
SCB-Gn-GAV	35°45'00''W/7°23'00''S	Faz. Gavião	Migmatito	1,88	9,68	0,11761	0,511605	0,00001	-20,2	0,03	2290	2
SPP-Gn-SQ	35°57'30''W/7°25'30''S	Novo Horizonte	Gn tonalítico	0,86	4,91	0,10649	0,511547	0,000009	-21,4	1,73	2130	3
SPP-Th-NH	35°57'16''W/7°25'46''S	Novo Horizonte	Gn trondhjm	1,194	6,692	0,1079	0,511405	0,000028	-24,05	-1,4	2370	3
SPP-Gn-BVI	36°14'32''W/7°15'34''S	W Boa Vista	Gn granítico	2,87	17,92	0,09682	0,511105	0,00001	-29,9	-4,43	2540	3
SPP-Mi-BJL	35°52'00''W/7°26'00''S	Barra João Leite	Migmatito	-	-	0,1171	0,51102	-	-31,56	-11,26	3245	3

ortognaisses do Terreno Alto Moxotó, cujas idades modelos T_{DM} variam de 2,1 até 2,8 Ga, confirmando a presença de protólitos arqueanos entre essas rochas.

A maioria dos dados Rb-Sr dos ortognaisses alinha-se na isócrona de referência de 2190 Ma (Brito Neves *et al.*, 2001), confirmando a influência do evento Transamazônico neste terreno, diferentemente dos ortognaisses do Terreno Alto Pajeú, que invariavelmente possuem protólitos mesoproterozóicos e idade de geração/deformação Cariris Velhos. Raramente, o sistema Rb-Sr dos ortognaisses retém a herança dos eventos anteriores, sendo o caso do ortognaisse de Barra do João Leite, que possui um protólito muito antigo (idade modelo com 3245 Ma e idade convencional Rb-Sr de 3500 Ma).

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

De acordo com a definição do Terreno Alto Moxotó (Santos, 1996, 1999), distingue-se nele dois constituintes litoestratigráficos principais: uma unidade metaplutônica dominante, em parte, equivalente do Complexo Floresta; e uma unidade supracrustal, o Complexo Sertânia, objeto do presente trabalho. Esta última unidade foi individualizada há vários anos na região de Arcoverde (PE) (Santos, 1971, 1977), utilizando-se as técnicas de mapeamento disponíveis para a época, que envolveram a individualização de diversas seqüências litoestratigráficas, com base na identificação do protólito dos migmatitos. No entanto, inexistiam, até o presente, determinações geocronológicas deste complexo metassedimentar.

Levantamentos geológicos recentes e a análise geotectônica, com apoio de dados geocronológicos U-Pb e Sm-Nd e aerogeofísicos, têm permitindo entender melhor os mecanismos de amalgamação dos terrenos que compõem o mosaico crustal da Província Borborema (Brito Neves *et al.*, 2000). Os dados aqui apresentados apontam para a identidade litoestratigráfica do Complexo Sertânia e o conceito do Terreno Alto Moxotó, como uma unidade e um segmento crustal distintos dos elementos adjacentes, no âmbito da Zona Transversal. No entanto, as idades obtidas mostram que os zircões do Complexo Sertânia possuem a mesma idade do Complexo Floresta, o que implica em duas possibilidades:

1. as idades obtidas representam idades de formação, sendo os dois complexos membros distintos de um mesmo ciclo de evolução crustal pré-Cariris Velhos;

2. as idades dos zircões das supracrustais estariam refletindo a fonte dos sedimentos, de modo que os zircões do Complexo Sertânia seriam zircões herdados do Complexo Floresta.

A falta de espalhamento das frações de zircão das supracrustais no diagrama Tera-Wasserburg e a morfologia desses cristais apontam para uma fonte ígnea homogênea, proximal, o que pode implicar numa formação penecontemporânea do Complexo Sertânia com o Complexo Floresta. As idades modelos $Nd T_{DM}$ das duas unidades são similares, indicando fontes idênticas, o que seria coerente com ambas as hipóteses acima, posto que as vulcanoclásticas poderiam herdar a assinatura isotópica da fonte metaplutônica. No entanto, tem-se noticiado a existência de eventos plutônicos anorogênicos de idades entre 1,7 e 1,5 Ga em terrenos congêneros do Complexo Floresta (Santos & Medeiros, 1999) e nenhuma idade deste intervalo foi encontrado entre os zircões do Complexo Sertânia. Além disso, as idades modelos $Nd T_{DM}$ de típicas seqüências supracrustais Cariris Velhos no Terreno Alto Pajeú, o Complexo São Caetano, são todas mesoproterozóicas, com uma grande incidência no intervalo entre 1,5 e 1,2 Ga (Brito Neves *et al.*, 1995), diferentemente das supracrustais aqui estudadas, o que demonstra tratarem-se de sistemas sedimentares distintos.

Não obstante, recentes investigações quimioestratigráficas realizadas na parte leste da Zona Transversal têm levantado a hipótese de que o Complexo Sertânia possa ser uma unidade Cariris Velhos. Segundo V. H. Santos *et al.* (2002), os padrões de $\delta^{13}C$ dos mármore dos complexos Surubim-Carolina (unidade do Terreno Rio Capibaribe) e Sertânia são idênticos e compatíveis com uma idade de deposição em torno de 900 Ma, utilizando-se a comparação com a curva de variação secular do $\delta^{13}C$. As idades isocronicas Pb-Pb obtidas para os mármore desses complexos foram, respectivamente, de 887 ± 20 Ma e 822 ± 130 Ma, interpretadas como idade do metamorfismo Cariris Velhos, que sucedeu imediatamente a deposição das duas seqüências.

Levanta-se aqui a possibilidade de um reequilíbrio isotópico dos sistemas C e Pb-Pb, devido ao forte aquecimento imposto pelo metamorfismo de facies anfíbolito médio a alto que afetou ambas as seqüências. As idades obtidas por estes autores poderiam estar refletindo, tão somente, a presença do evento metamórfico Cariris Velhos em ambos os terrenos e não a idade da deposição das duas seqüências. No caso do Complexo Sertânia, a idade da deposição estaria sendo calibrada pelas datações U-Pb SHRIMP em zircão aqui apresentadas. Por isso, sugerimos a realização de datações U-Pb do Complexo Surubim-Carolina, para confrontar com as idades Pb-Pb acima referidas.

Pelos dados atuais, portanto, nossa interpretação é de que o Complexo Sertânia representa uma unidade litoestratigráfica paleoproterozóica distinta das supracrustais dos terrenos Alto Pajeú, Rio Capibaribe e das faixas Riacho Gravatá e Cachoeirinha, cujas supracrustais são de idade Cariris Velhos e Brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRITO NEVES, B. B. *Regionalização geotectônica do Pré-cambriano nordestino*. 1975. 198 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- BRITO NEVES, B. B.; VAN SCHMUS, W. R.; SANTOS, E. J.; CAMPOS NETO, M. C.; KOZUCH, M. O evento Cariris Velhos na Província Borborema. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25, p. 279-296, 1995.
- BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province. In: CORDANI, U. G. et al. *Tectonic evolution of the South America*. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, 2000. p.151-182.
- BRITO NEVES, B. B.; CAMPOS NETO, M. C.; VAN SCHMUS, W. R.; FERNANDES, T. M. G.; SOUZA, S. L. O terreno Alto Moxotó no leste da Paraíba ("Maciço Caldas Brandão"). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 31, n. 2, p. 185-194, 2001.
- COMPSTON, W.; WILLIAMS, I. S.; MYER, C. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution ion microprobe. *Journal of Geophysical Research*, v. 89B, p. 525-534, 1984.
- CUMMING, G. L.; RICHARDS, J. R. Ore lead ratios in a continuously changing earth. *Earth Planetary Science Letters*, v. 28, p. 155-171, 1975.
- GOMES, J. R. C.; GATTO, C. M. P. P.; SOUZA, G. M. C.; LUZ, D. S.; PIRES, J. L.; TEIXEIRA, W. *Geologia*. In: Projeto RADAMBRASIL. Folha SB. 24/25, Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro: MME, 1980. (Levantamento de Recursos Naturais, 23).
- JARDIM DE SÁ, E. F. *A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia brasileira/panafricana*. 1994. 803 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília.
- LUDWIG, K. R. *Isoplot/Ex*. Berkeley: Geochronology Center, 1998. (Special Publication, 1).
- PACES, J. B.; MILLER JR, J. D. Precise U-Pb ages of Duluth Complex and related mafic intrusions, northeastern Minnesota: Geochronological insights to physical, petrogenetic, paleomagnetic, and tectonomagmatic processes associated with the 1.1 Ga midcontinent rift system. *Journal Geophysical Research*, v. 98, p. 13997-14013, 1993.
- SANTOS, E. J. *Síntese da geologia do Pré-cambriano da folha Arcoverde - nordeste do Brasil*. Recife: SUDENE, 1971. 33 p.
- SANTOS, E. J. Síntese da geologia pré-cambriana da folha Arcoverde, Pernambuco. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977. Campina Grande. *Atas*. Campina Grande: SBG, 1977. p. 225-245.
- SANTOS, E. J. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996. Salvador. *Anais*. Salvador: SBG, 1996. v. 6, p. 47-50.
- SANTOS, E. J. *Belém do São Francisco, folha SC. 24-X-A: estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia, Brasília CPRM*, 1999. 84p. (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil). 1 CD-ROM
- SANTOS, E. J.; MEDEIROS, V. C. Constraints from granitic plutonism on Proterozoic crustal growth of the Transverse Zone, Borborema Province, NE Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, p. 73-84, 1999.
- SANTOS, E. J.; FERREIRA, C. A.; SILVA JR., J. M. *Geologia e recursos minerais do estado da Paraíba*. Paraíba: CPRM, 2002. 142p. (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil).
- SANTOS, V. H.; FERREIRA, V. P.; SIAL, A. N.; BABINSKI, M.; PIMENTEL, M. M. C. Pb and Sr isotopic chemostratigraphy in Proterozoic carbonate sequences in the eastern Transversal domain of the Borborema Province, Northeast Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002. João Pessoa. *Anais*. João Pessoa: SBG - Núcleo Nordeste, 2002. p. 509.
- STEIGER, R. H.; JÄGER, E. Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geochronology. *Earth Planetary Science Letters*, v. 36, p. 359-362, 1977.
- STERN, R. A. High resolution SIMS determination of radiogenic trace isotope ratios in minerals. In: CABRI, L. J.; VAUGHAN, D. J. (Eds) *Modern approaches to ore and environmental mineralogy*. Ottawa: Mineralogical Association of Canada, 1998. p.241-268. (Canada Short Course Series, Mineralogical Association of Canada, v. 27).
- VAN SCHMUS, W. R.; BRITO NEVES, B. B.; HACKSPACHER, P.; BABINSKI, M. U/Pb and Sm/Nd geochronological studies of eastern Borborema Province, northeastern Brazil: initial conclusions. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 8, n. 3-4, p. 267-288, 1995.
- VEIGA JR, J. P.; FERREIRA, C. A. *Afogados da Ingazeira, folha SB. 24-Z-C-VI: estados de Pernambuco e Paraíba*. Brasília: DNPM/CPRM, 1990. 121p. (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil).
- WANDERLEY, A. A. *Monteiro, folha SB. 24-Z-D-IV: estados de Pernambuco e Paraíba*. Brasília: DNPM/CPRM, 1990. 100p. (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil).
- WILLIAMS, I. S. U-Th-Pb Geochronology by Ion Microprobe. In: McKIBBEN, M. A.; SHANKS III, W. C.; RIDLEY, W. I. Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes. *Society of Economic Geologists*, v. 7, p. 1-35, 1998.