

# O CRATON DO SÃO FRANCISCO E AS FAIXAS BRASILIANAS: MEIO SÉCULO DE AVANÇOS

Umberto G. Cordani

Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

## A DENOMINAÇÃO DO CRÁTON

O Cráton do São Francisco e as faixas orogênicas adjacentes cobrem partes das regiões sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil (Figura 1). O Cráton do São Francisco é o núcleo antigo mais estudado da Placa Sul-Americana. Ele inclui rochas cujas idades distribuem-se por um intervalo de tempo de ca. 3500 Ma. A sua imagem, como aparece no mapa tectônico da América do Sul, foi formada progressivamente no curso de uma longa série de estudos. A meu ver, ele já está presente nos contornos delineados por Aloísio Licínio Barbosa, em seu mapa tectônico do Brasil, em 1960<sup>(1)</sup>, mesmo antes de controles geocronológicos adequados. Em seu artigo, Barbosa denominou de “Craton Franciscano” um bloco estável de idade antiga, supostamente “Arqueana”, ladeado por faixas orogênicas “pré-caledonianas”.

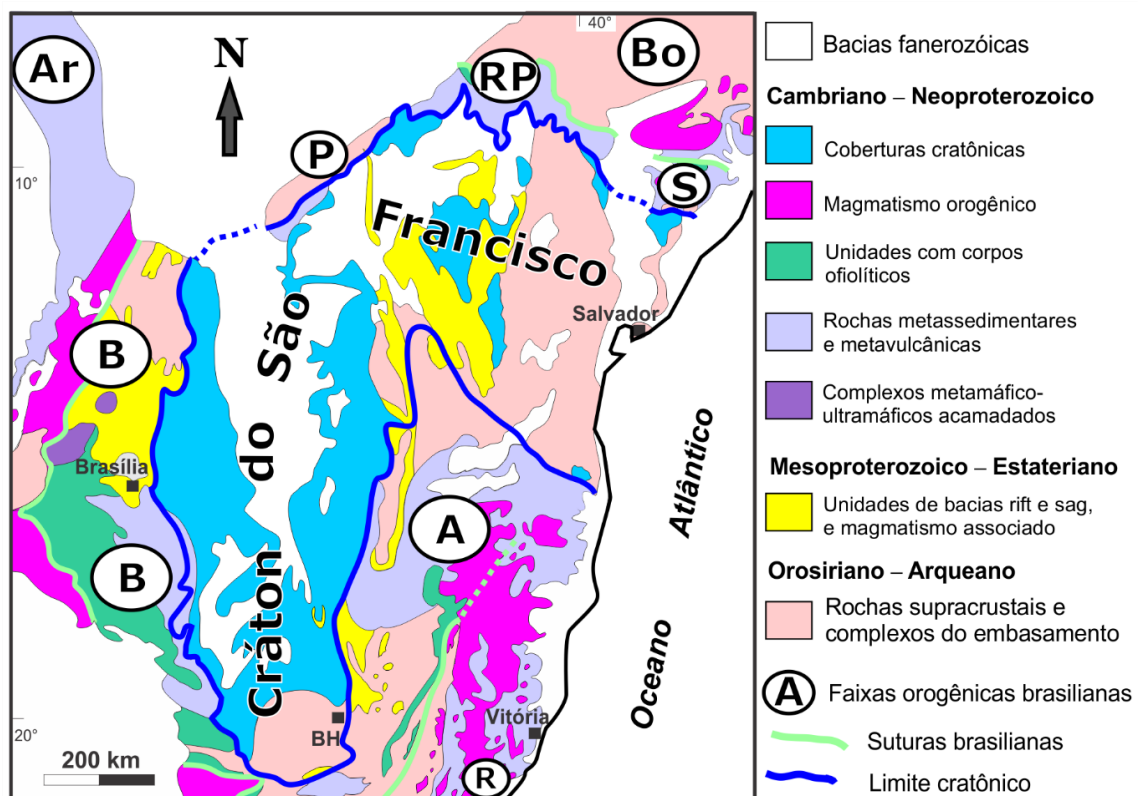


Figura 1. O Cráton do São Francisco e as faixas brasileiras (modificado de Heilbron et al., 2017). As faixas orogênicas brasileiras são: A, Araçuaí; Ar, Araguaia; B, Brasília; Bo, Borborema; P, Rio Preto; R, Ribeira; RP, Riacho do Pontal; S, Sergipana.

Poucos anos depois, Fernando de Almeida inaugurou o nome “Craton do São Francisco”, em seu trabalho sobre “A origem e evolução da Plataforma Brasileira”, publicado em 1967<sup>(2)</sup>. Como já escrevi em outro artigo, para mim essa obra foi a “*síntese primeira, a mãe de todos os trabalhos posteriores sobre geologia do Brasil na escala continental. Trata-se de um divisor de águas, separando o antes do depois do trabalho de Almeida*”. Com efeito, Fernando de Almeida esteve em todas as áreas de rochas do embasamento continental que se encontravam disponíveis no território brasileiro. Em meados da década de 1960 ele já tinha, em seu modelo mental, a configuração estrutural do continente sul-americano. Foi muito oportuno que, nessa mesma época, se fizeram disponíveis as primeiras datações geocronológicas em rochas pré-cambrianas brasileiras, obtidas no Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) da Universidade de São Paulo. A Figura 2 mostra o Cráton do São Francisco como unidade central no esboço estrutural do mencionado trabalho de Almeida. Como eu fazia parte do grupo que iniciou o CPGeo, lembro-me das primeiras datações K-Ar que fizemos de rochas da região central da Bahia, as quais permitiram estender para norte os terrenos antigos de Minas Gerais, que haviam sido apenas delineados por algumas determinações de idade, de difícil interpretação, feitas pelo pessoal do USGS no Quadrilátero Ferrífero. Começou aí minha ligação afetiva com o Cráton do São Francisco.

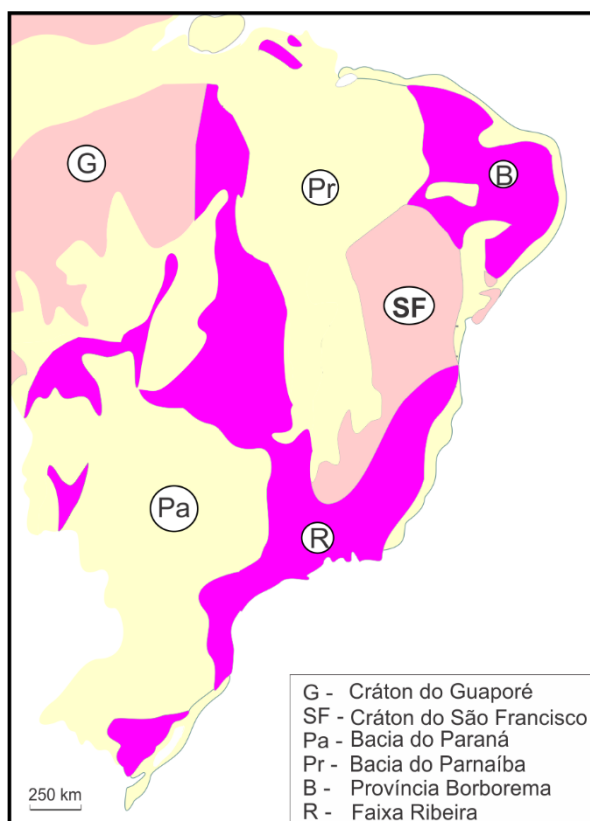


Figura 2. O Cráton do São Francisco no contexto apresentado por Fernando de Almeida em “Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. Figura adaptada de Almeida (1967).

## O TESTE GEOCRONOLÓGICO PARA A DERIVA CONTINENTAL

As poucas datações de rochas da Bahia, produzidas no CPGeo em 1964 e 1965, se encontravam no bojo de um programa internacional de parceria entre o MIT (USA) e a USP, cujo objetivo era trazer subsídios para a demonstração da hipótese da deriva dos

continentes que, na época, suscitava grandes discussões na comunidade geológica mundial. Tratava-se de testar, por meio de medidas geocronológicas, a possível correlação entre províncias de idade antiga, pertencentes às partes ocidental da África e norte-nordeste da América do Sul. Os resultados desse teste foram determinantes para aquela demonstração que, imediatamente, se tornou um dos pilares principais da nascente Teoria da Tectônica de Placas. O artigo resultante, publicado na revista *Science* em 1967<sup>(3)</sup>, foi redigido por P. M. Hurley, como primeiro autor, e os co-autores brasileiros foram F. de Almeida, G. C. Melcher, U. G. Cordani, K. Kawashita e P. Vandomos. Para mim esse trabalho, inserido no contexto da grande revolução que ocorreu nas Ciências da Terra no final da década de 1960, ainda permanece como a colaboração científica principal oriunda do grupo de pesquisa do CPGeo – USP.

A Figura 3, adaptada de Hurley et al. (1967), mostra que o grupo de datações com idades antigas (ca. 2 Ga), obtidas de rochas de alto grau do Cráton do São Francisco na Bahia, é coerente com aquele que aparece no Gabão. Essas poucas datações, que foram fundamentais para Almeida delinear o seu Cráton do São Francisco, foram reunidas com outras, de outras regiões do Pré-Cambriano brasileiro, e apresentadas por mim na “*First Geochronology Conference*”, realizada em 1968<sup>(4)</sup> em Edmonton, Canadá. Foram coautores desse trabalho os professores G. Melcher e F. de Almeida.

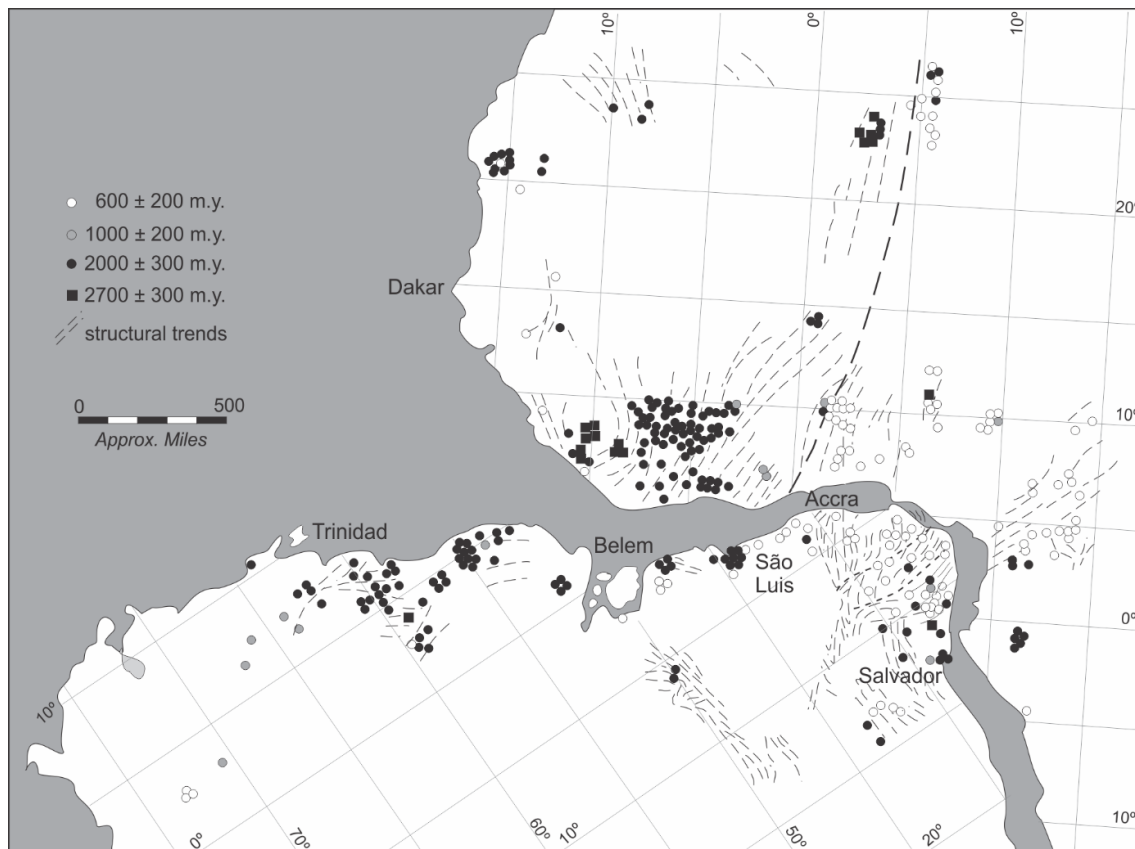


Figura 3. A correlação geocronológica entre América do Sul e África, adaptada de Hurley et al. (1967).

## MEU INTERESSE E APEGO PELO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO

Durante minha carreira acadêmico-científica, sempre relacionada com o Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP, tive muitas oportunidades de conhecer regiões do interior do Cráton do São Francisco, bem como partes de suas faixas brasileiras, e de efetuar determinações de idade que foram relevantes para o seu conhecimento e evolução

tectônica. A seguir destacarei alguns dos resultados que escolhi como os mais significativos do ponto de vista geológico.

1 – A monografia sobre a região litorânea do leste brasileiro, entre Salvador e Vitória, que se constituiu em minha tese de Livre-Docência, na USP, de 1973<sup>(5)</sup>. Nesse trabalho abrangente, com base em datações K-Ar e Rb-Sr, aparece o limite sudeste do Cráton do São Francisco com a faixa brasileira situada a sul da zona da Falha de Itapebi. A norte desta estrutura ficou caracterizada a correlação litológica e temporal das rochas antigas da Bahia com rochas congêneres do Oeste Africano, que mais tarde foi denominada “Ponte Cratônica Bahia-Gabão” (Figura 4). Estava lançado o alicerce geocronológico para a caracterização mais precisa do limite oriental do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí<sup>(6)</sup>. Ademais, foram caracterizados vários domínios lito-estratigráficos, entre os quais o Complexo de Jequié, que foi utilizado em seguida por Almeida como representante de um ciclo tectônico arqueano em seu Mapa Tectônico da América do Sul.

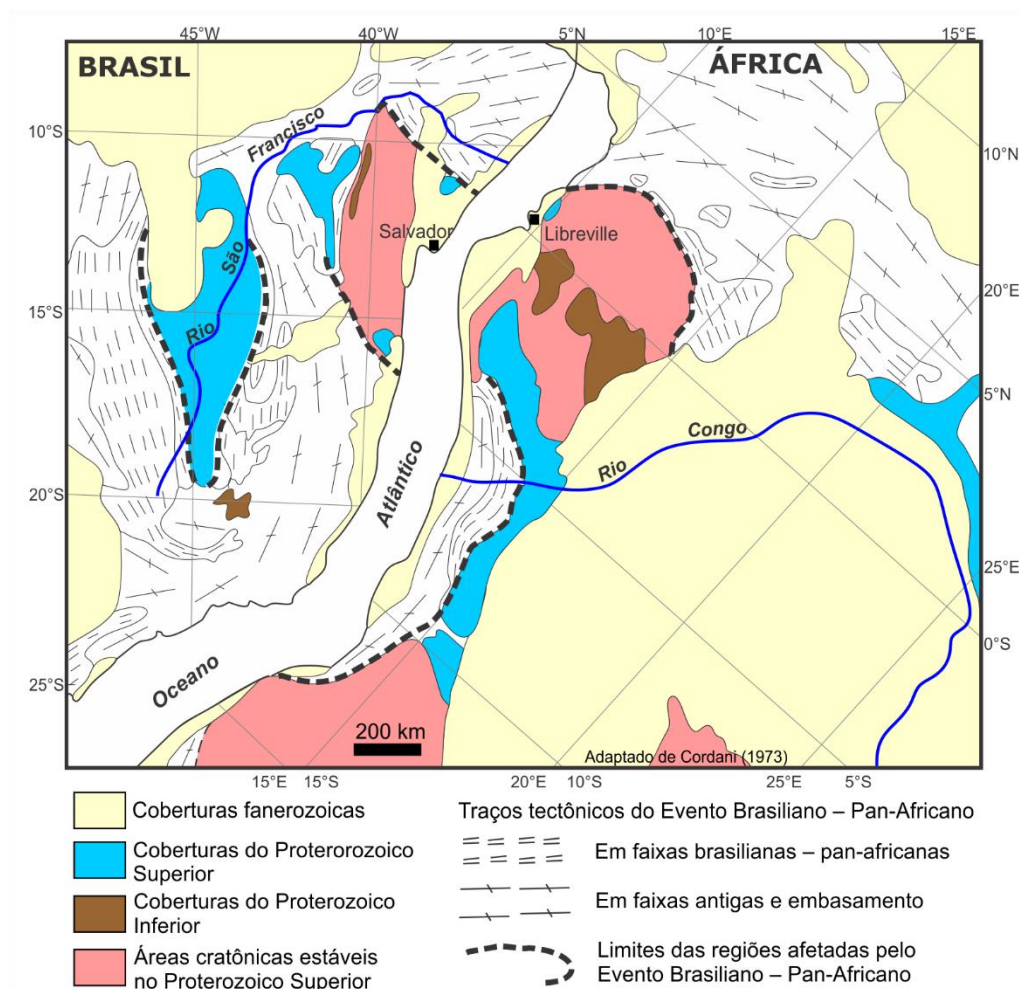


Figura 4. Correlação das unidades geotectônicas das partes oriental do Brasil e ocidental da África (adaptado de Cordani, 1973).

2 – O Mapa Geológico da Bahia, concebido e organizado por Hermes Inda, para o qual colaborei com comentários interpretativos sobre os dados geocronológicos existentes e a sua significação tectônica. Além de figurar como co-autor da nota explicativa do mapa, datada de 1978, apareço também, ao lado dos colegas Benjamin Bley de Brito Neves e Joaquim Torquato, como co-autor de um texto básico a respeito da evolução tectônica da Bahia<sup>(7)</sup>. Lembro-me, também, de uma ocasião marcante, durante um evento sobre o

Cráton do São Francisco, em Salvador, em que a matéria foi discutida com Fernando de Almeida, Hermes Inda, Juracy Mascarenhas, Benjamin Bley e muitos outros colegas, em que eu fui instado, a pedido do pessoal da SBG, a defender uma das interpretações que constava de minha tese de Livre Docência, sobre a possível existência de duas regiões cratônicas, separadas pela “Faixa do Paramirim” que mostra idades K-Ar brasileiras<sup>(8)</sup>.

3 – As determinações de idade, pelos métodos Rb-Sr, K-Ar e Pb-Pb dos domos manteados de Sete Voltas e Boa Vista, no interior da Faixa Contendas-Mirante, que se revelaram as rochas mais antigas da América do Sul. Essas datações, acima de 3000 Ma (Figura 5), foram apresentadas por mim em 1982 num simpósio de evolução crustal em Beijing, China, e publicadas posteriormente junto com Moacir Marinho e Kei Sato, no Precambrian Research<sup>(9)</sup>. Durante a década de 1990, esses dados foram confirmados por datações U-Pb SHRIMP em zircão, obtidas na Australian National University, em Canberra, e publicadas por mim junto com o colega Allen Nutman<sup>(10)</sup>. Além disso, no SHRIMP da ANU foram também obtidas as primeiras datações de zircões detríticos de rochas brasileiras, obtidos num meta-conglomerado da Faixa Contendas-Mirante, cuja idade paleoproterozóica foi indicada nessa ocasião<sup>(11)</sup>.

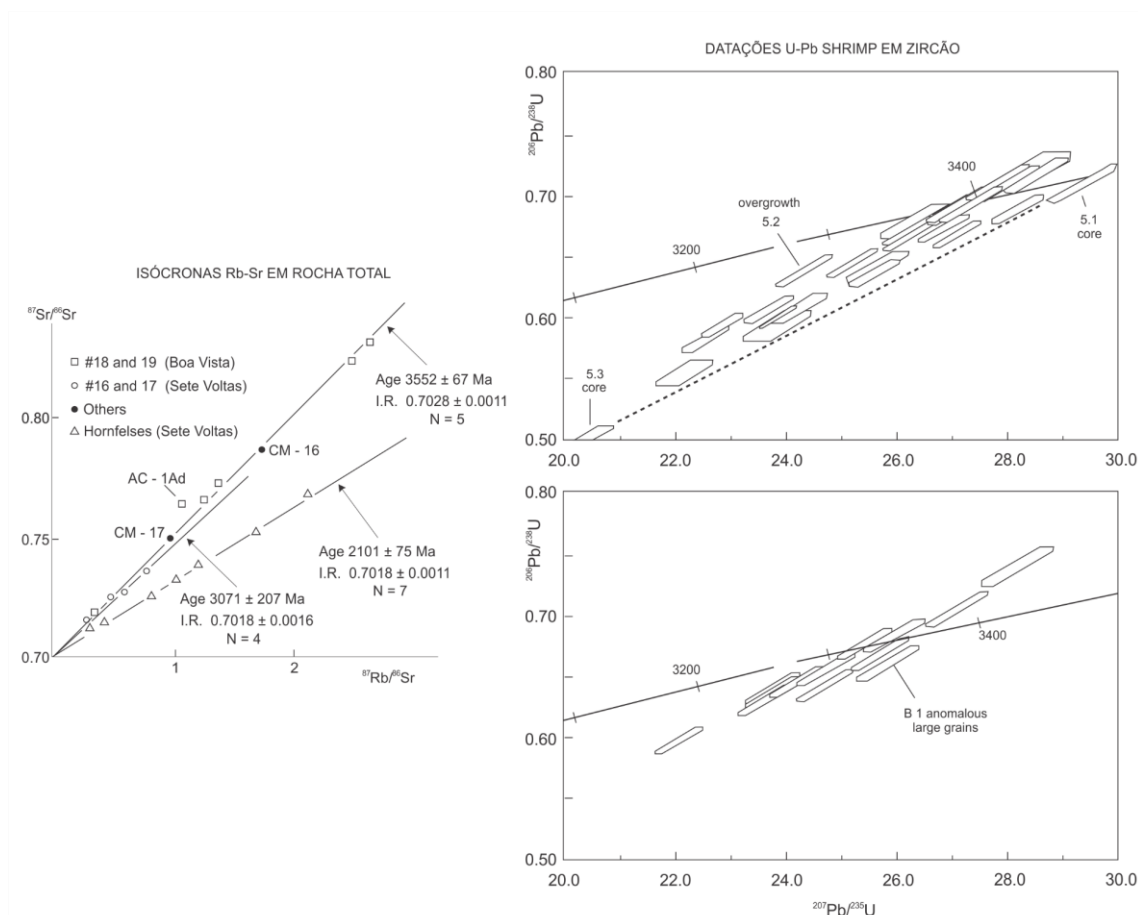


Figura 5. Datações Rb-Sr (em rocha total) e U-Pb SHRIMP (em zircão) de rochas granitóides dos domos manteados de Sete Voltas e Boa Vista, BA.

4 – As inúmeras idades radiométricas obtidas no CPGeo - USP pelos métodos K-Ar e Rb-Sr para unidades tectônicas do interior do Cráton do São Francisco, que pontuaram a sua história anterior ao Neoproterozoico. Fazem parte disso os trabalhos realizados para as

rochas do Complexo de Jequié, Bahia. Em seguida, no doutorado de Wilson Teixeira<sup>(12)</sup>, que orientei, além de muitas rochas do Arqueano características da parte sul do cráton, apareceram rochas de idade paleoproterozóica, cuja origem mantélica foi indicada pelos isótopos de Sr, e que, posteriormente, foram incluídas no Cinturão Mineiro. O Mapa Geocronológico da Bahia, de 1985, coordenado por Juraci Mascarenhas e Johildo Barbosa, do qual fui colaborador, apresenta uma síntese das determinações de idade disponíveis, obtidas pelos métodos K-Ar e Rb-Sr. Por outro lado, a partir dos anos 1990, tive a oportunidade de datar amostras brasileiras, pelo método U-Pb SHRIMP em zircão, nos equipamentos SHRIMP da ANU em Canberra, Austrália, e em Beijing, China, entre as quais as já citadas de Sete Voltas e Boa Vista, e outras do *greenstone belt* Umburanas, BA<sup>(13)</sup>, do Complexo de Campo Belo, MG<sup>(14)</sup> (Figura 6), e das rochas granitóides Gloria e Serrinha, do Cinturão Mineiro<sup>(15)</sup>.

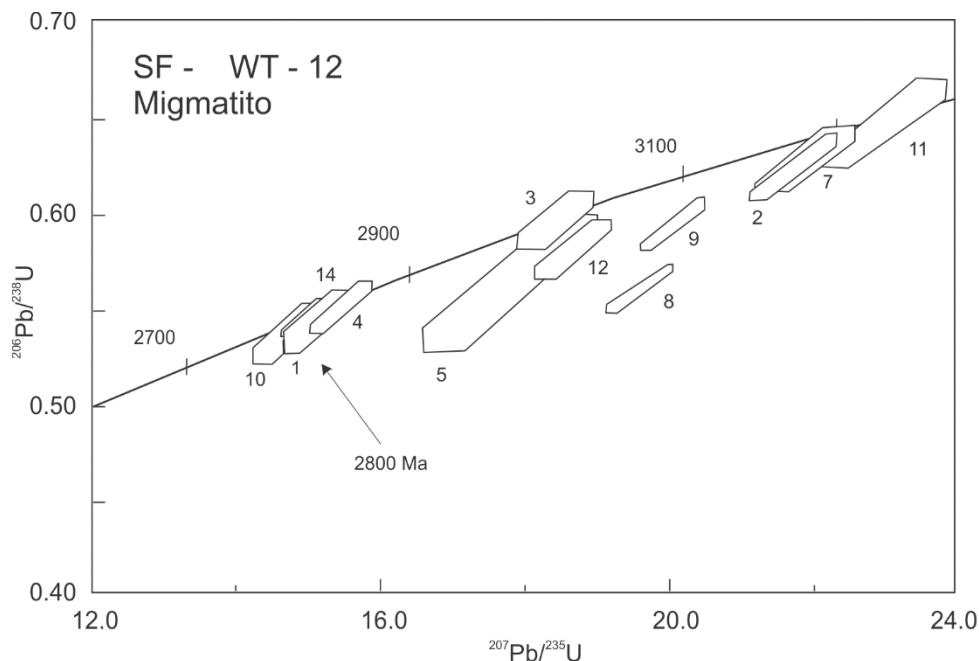


Figura 6. Datação U-Pb SHRIMP em zircões de migmatito do Complexo de Campo Belo, MG.

5 – Finalmente, realizei diversos estudos nas coberturas dobradas, pertencentes ao Supergrupo Espinhaço e Grupo Bambuí, em que foram indicados eventos deformacionais do Mesoproterozoico e Neoproterozoico. Outros foram realizados nas faixas marginais brasileiras Araçuaí e Ribeira que contornam o cráton a leste e sudeste. A dissertação de mestrado de Oswaldo Siga Jr<sup>(16)</sup>, que orientei, demonstrou a idade brasileira e a vergência metamórfica da Faixa Araçuaí para leste. Mais tarde, datações brasileiras U-Pb SHRIMP em zircão foram obtidas por mim para rochas da região de retro-arco do Orógeno Araçuaí<sup>(17)</sup> e, também, em rochas granitóides da região de Embu na Faixa Ribeira<sup>(18)</sup>.

## EPÍLOGO: O LIVRO DE 2017

Nos últimos anos tive o privilégio de coordenar, como *guest editor*, junto aos colegas Mônica Heilbron e Fernando Alkmim, a obra “The São Francisco Craton, Eastern Brazil – Tectonic genealogy of a miniature continent”, que faz parte da série *Regional Geology Reviews* da Editora Springer, o qual se encontra disponível desde o início de 2017. Foi muito especial e muito positivo trabalhar ao lado de Mônica e Fernando, na tentativa, que considero bem-sucedida, de dar equilíbrio e coerência a uma obra da qual



participaram 50 co-autores de 17 capítulos. Foi também muito especial a possibilidade de contar com a contribuição espontânea e por vezes até entusiástica dos grupos que mais bem conhecem o tópico ou a região que corresponde à sua contribuição para o livro. Para mim não há dúvida que foi um belo desafio, que resultou significativo e muito gratificante. Minha participação direta se deu em três dos capítulos do livro, o primeiro e o último, em que os três organizadores foram co-autores, e o de nº 16, a respeito de paleomagnetismo, em que tive a co-autoria do colega Manoel D'Agrella-Filho, do IAG-USP.

Finalizo este texto com algumas notas que fazem parte do capítulo conclusivo do livro<sup>(19)</sup>. Como Fernando, Mônica e eu dizemos, é surpreendente notar como, num pequeno fragmento continental, que no próprio título do livro está caracterizado como um “*continente em miniatura*”, é possível encontrar evidências claras para algumas das fases mais relevantes da evolução tectônica do Planeta Terra, tais como:

I – Terrenos granito-*greenstone* e granitóides do tipo TTG, formados em processos tectono-magmáticos verticalistas, se amalgamaram para formar uma massa continental coerente e tectonicamente estável no final do Arqueano.

II – No Paleoproterozoico, uma série de cinturões acrescionários guiados por subducção, incluindo arcos de ilhas intra-oceânicos e micro-continentes, foram adicionados à crosta arqueana. No caso, os orógenos Mineiro e Bahia Oriental tipificam muito bem o regime de tectônica de placas em vigor durante o Proterozoico.

III – A partir daí, e durante ca. 1000 Ma, atividade orogênica não foi identificada para o Cráton do São Francisco. Como Manuel D'Agrella e eu acreditamos, o Cráton do São Francisco, unido ao Cráton do Congo no *Central African Block*, provavelmente não fez parte dos supercontinentes Columbia e Rodínia<sup>(20)</sup>. Por outro lado, são identificadas nele feições relacionadas com processos intraplaca, como aulacógenos e magmatismo anorogênico.

IV – Durante o Ediacarano e Cambriano, o Cráton São Francisco – Congo tomou parte da formação do Gondwana Ocidental, por meio de processos guiados por *slab-pull*, que condicionam orógenos formados por subducção seguida de colisão continental, no contexto da tectônica de placas “moderna”.

V – Finalmente, com a fragmentação da Pangea e a formação do Oceano Atlântico Sul, no Mesozoico e Cenozoico, num processo relacionado com placas divergentes, sempre dentro da tectônica de placas “moderna”, a Ponte Cratônica Bahia – Gabão foi quebrada e o Cráton do São Francisco foi separado definitivamente de seu congênere africano, o Cráton do Congo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Barbosa, A.L.M., 1966 - Síntese da Evolução Geológica da América do Sul. Boletim do Instituto de Geologia, Escola de Minas de Ouro Preto, vol. 1 (2), 91-111.

(2) Almeida, F.F.M. de, 1967. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. DNPM-DGM, Boletim 241, 36p.

(3) Hurley, P.M., Almeida, F.F.M. de, Melcher, G.C., Cordani, U.G., Rand, J., Kawashita, K., Vandomos, P., Pinson, W.H., Fairbairn, H.W., 1967. Test of continental drift by means of radiometric ages. Science, 144, 495-500.

- (4) Cordani, U.G., Melcher, G.C., Almeida, F.F.M. de, 1968. Outline of the Precambrian geochronology of South America. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 5, 629-632.
- (5) Cordani, U.G., 1973. Evolução Geológica Pré-Cambriana da Faixa Costeira do Brasil, entre Salvador e Vitória. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências, USP, 98 pp.
- (6) Pedrosa-Soares, A.C, Noce, C.M., Alkmim, F.F., Silva, L.C., Babinski, M., Cordani, U., Castañeda, C., 2007. Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomos* 15(1): 1-16.
- (7) Brito-Neves, B.B., Cordani, U.G., Torquato, J.R.F., 1980. Evolução geocronológica do Pré-Cambriano do Estado da Bahia. *Geologia e Recursos Minerais. Secretaria das Minas e Energia do Estado da Bahia, Textos Básicos*, vol. 3, 123 pp.
- (8) Cordani, U.G., 1978. Comentários filosóficos sobre a evolução geológica pré-cambriana. In: Rocha et al. (eds): *Anais da reunião preparatória para o Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais*. Sociedade Brasileira de Geologia, SBG-Núcleo Bahia, Publicação Especial, 3, p. 33-65.
- (9) Cordani, U.G., Sato, K., Marinho, M.M., 1985. The geologic evolution of the ancient granite-greenstone terrane of Central-Southern Bahia. *Precambrian Research*, 27, 187-213.
- (10) Nutman, A.P., Cordani, U.G. 1993. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of Archean granitoids from the Contendas-Mirante area of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil. *Precambrian Research*, 63, 179-188.
- (11) Nutman, A.P., Cordani, U.G., Sabaté, P., 1994. SHRIMP U-Pb ages of detrital zircons from the Early Proterozoic Contendas-Mirante supracrustal Belt, São Francisco Craton, Bahia, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 7, 109-114.
- (12) Teixeira, W., 1985. A evolução geotectônica da porção meridional do Cráton do São Francisco, com base em interpretações geocronológicas. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP.
- (13) Bastos-Leal, J.L.R., Cunha, C., Cordani, U.G., Teixeira, W., Nutman, A.P., Menezes-Leal, A.P., Macambira, M.J.B., 2003. SHRIMP U-Pb,  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  zircon dating and Nd isotopic signature of the Umburanas greenstone belt, northern São Francisco Craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 775-785.
- (14) Teixeira, W., Cordani, U.G., Nutman, A.P., Sato, K., 1998. Polyphase crustal evolution in the Late Archean: the case of the Campo Belo metamorphic complex, Minas Gerais, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 11, 279-289.
- (15) Ávila, C.A., Teixeira, W., Cordani, U.G., Barreto, H.R., Pereira, R.M., Martins, V.T., Liu, D. 2006. The Gloria quartz-monzodiorite: Isotopic and chemical evidence of arc-related magmatism in the central part of the Paleoproterozoic Mineiro Belt. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78, 543-556.



(16) Siga Jr, O., 1986. A evolução tectônica da porção nordeste de Minas Gerais, com base em interpretações geocronológicas. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, USP.

(17) Gradim, C., Roncato, J., Pedrosa-Soares, AC., Cordani, UG., Dussin, I.A., Alkmim, F.F., Queiroga, G., Jacobsohn, T., Silva, L.C.; Babinski, M, 2014. The hot back-arc zone of the Araçuaí orogen, Eastern Brazil: from sedimentation to granite generation. *Brazilian Journal of Geology*, 44, 155-180.

(18) Cordani, U.G., Nutman, A.P., Coutinho, J.M.V., 2002. Geochronological constraints on the evolution of the Embu Complex. *Journal of South American Earth Sciences*, 14, 903-910.

(19) Heilbron, M.; Cordani, U.G.; Alkmim, F.F.; Reis, H.L.S. 2017. Tectonic Genealogy of a Miniature Continent. In: Heilbron, M., Cordani, U. & Alkmim, F. (eds.), *The São Francisco Craton and its Margins: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent*. Springer, *Regional Geological Reviews*, cap. 17, 321-331.

(20) D'Agrella-Filho, M.S., Cordani, U.G., 2017 - The Paleomagnetic Record of the São Francisco-Congo Craton. In: Heilbron, M., Cordani, U. & Alkmim, F. (eds.), *The São Francisco Craton and its Margins: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent*. Springer, *Regional Geological Reviews*, cap. 16, 305-319.